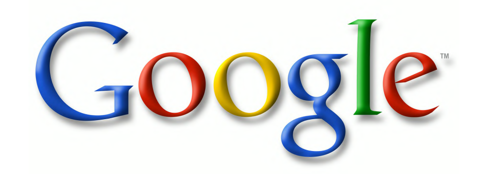
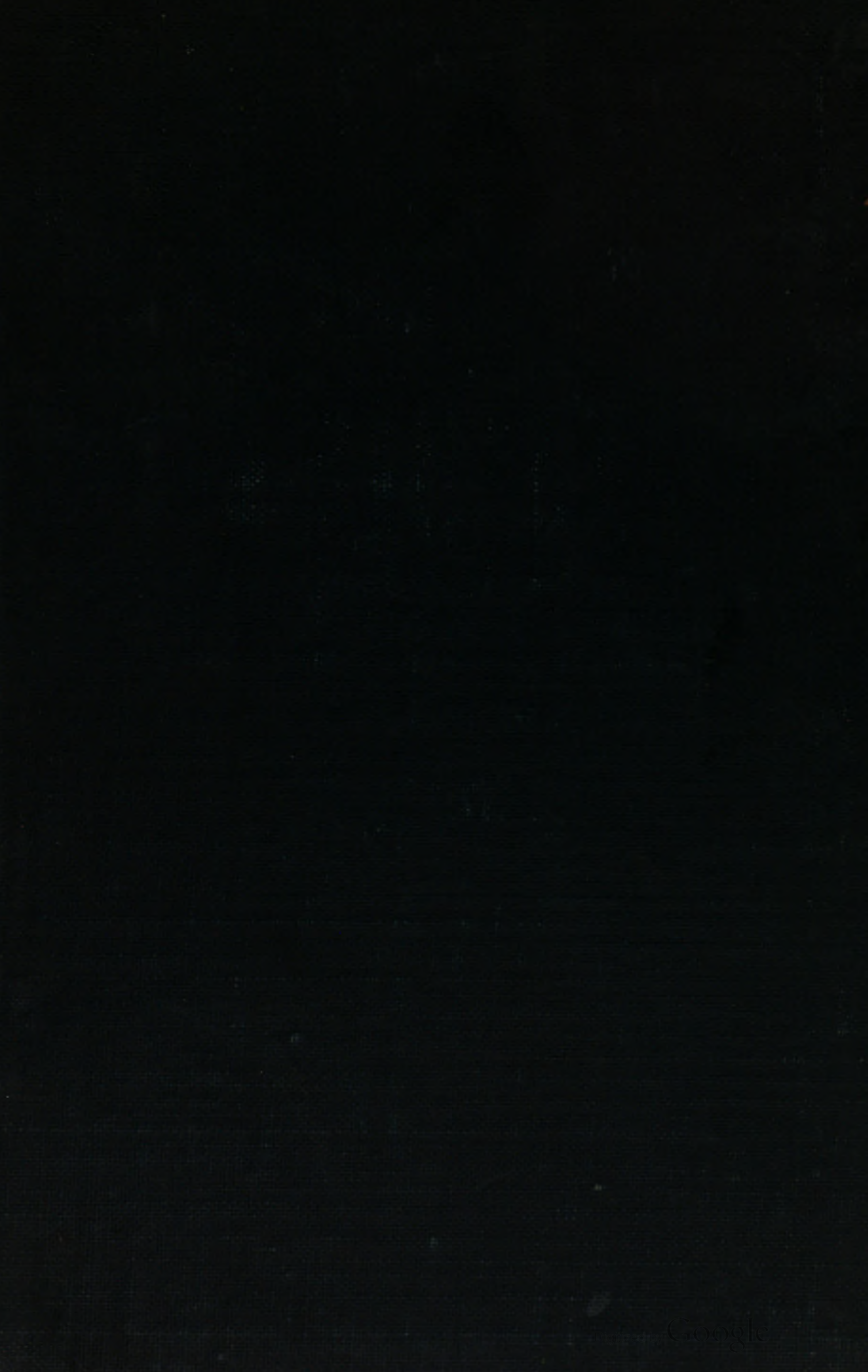




3e SÉRIE. 8 Juin 1893.

LE BOTANISTE

DIRECTEUR : M. P.-A. DANGEARD

DOCTEUR ÈS SCIENCES, LAURÉAT DE L'INSTITUT

MAITRE DE CONFÉRENCES DE BOTANIQUE A LA FACULTÉ DE POITIERS

4e FASCICULE

SOMMAIRE

PRIX DE L'ABONNEMENT A LA SÉRIE DE SIX FASCICULES

16 francs pour la France. — **18** francs pour l'Etranger

PARIS
J.-B. BAILLIÈRE
Rue Hautefeuille, 19

LONDRES
DULAU & Cᵉ
Soho Square, 37

BERLIN
FRIEDLANDER & SOHN
N. W. Carlstrasse, 11

Spi

que ce s

qui fusionne

supposons

qu'à dispar

« Ces

lule des

culièrement gros dans les *Coleosporium* et les *Melampsora*; dans le premier genre, il peut être allongé suivant la largeur de la cellule ; dans le second genre, il est le plus souvent allongé suivant la longueur de la téleutospore ; son diamètre atteint jusqu'à 8 μ.

« Nous sommes autorisés ainsi à considérer la fusion de deux noyaux en un seul, dans les téleutospores des Urédinées, comme un fait général ; il nous paraît certain que ce phénomène est en relation avec l'absence de sexualité et la remplace complètement, d'où le nom de *pseudo-fécondation* que nous lui donnons. Si nous considérons certains *Spirogyra* comme le *S. quadrata*, par exemple, nous voyons que ce sont deux cellules adjacentes du même filament qui fusionnent leurs noyaux dans la reproduction sexuelle ; supposons que cette cloison devienne rudimentaire jusqu'à disparition et nous aurons le cas des Urédinées.

« Ces deux noyaux, que nous trouvons dans chaque cellule des téleutospores et qui se comportent l'un comme noyau mâle, l'autre comme noyau femelle, peuvent également effectuer leur pseudo-fécondation dans les écidiospores ; ces dernières, lorsqu'elles sont jeunes, possèdent deux noyaux ; lorsqu'elles sont plus âgées, elles ne renferment plus qu'un corpuscule nucléaire central, provenant de la fusion.

« En résumé, les Urédinées présentent un phénomène regardé jusqu'ici comme caractérisant la fécondation. Il est vraisemblable qu'elles suppléent ainsi à la reproducion sexuelle nettement caractérisée. »

(6 février 1893.)

RECHERCHES

SUR LES PLANTULES DES CONIFÈRES

Par P.-A. DANGEARD

INTRODUCTION

Depuis longtemps, nous avions l'intention de développer, avec planches à l'appui, les résultats de nos recherches sur le mode d'union de la tige et de la racine chez les Conifères; ces résultats ont été condensés dans la note suivante publiée en 1890 dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences :

« Précédemment, j'ai établi la manière dont les diverses parties de la tige et de la racine s'unissent région à région, je me propose, dans cette note, d'étudier au même point de vue les Gymnospermes.

« On sait que chez les Gymnospermes, le nombre des cotylédons varie non seulement avec les genres et avec les espèces, mais encore dans certaines espèces avec les individus ; il était nécessaire de voir quelle influence ce fait pouvait avoir sur l'insertion de la racine et sa structure.

« A. Lorsque le nombré des cotylédons est de *deux* (*Taxus baccata, Biota pendula, B. orientalis, Abies Canadensis* (1),

(1) *Tsuga Canadensis.*

Actinostrobus pyramidalis, Cupressus funebris, etc.), il y a deux faisceaux ligneux à la racine alternant avec deux faisceaux libériens ; l'insertion a lieu comme chez les Dicotylédones à cotylédons uninerviés ou penninerviés (1). On doit remarquer toutefois que la trace cotylédonnaire ligneuse ne se divise généralement que peu ou point pour l'insertion, contrairement à ce qui existe chez la plupart des Dicotylédones.

« Si, dans les mêmes espèces ou des espèces différentes, la plantule possède trois cotylédons, il y a trois faisceaux à la racine.

« Jusqu'ici, la racine se trouve orientée de telle manière que le plan vertical médian de chaque cotylédon passe par un faisceau ligneux de la racine : c'est le cas général rencontré chez les Dicotylédones.

« B. Lorsque le nombre des cotylédons est plus élevé, le nombre des faisceaux de la racine, au lieu d'être égal à celui des cotylédons, devient moitié moindre : si $2n$ est le nombre des cotylédons, n sera le nombre des faisceaux de la racine. En effet, chaque faisceau de la racine, soit libérien, soit ligneux, s'insère sur deux traces cotylédonnaires, ce qui peut être indiqué par le rapport 2n/n.

« On aura normalement les rapports suivants : 6/3 (*Larix europaca, Abies alba*, etc.); 8/4, 10/5, 12/6, 14/7 (*Picea, Pinus Pinea, P. Canadensis, P. Laricio, P. excelsa*, etc.) ; mais il y a de nombreuses exceptions. Elles sont dues :

« 1° A ce que l'une des traces cotylédonnaires se divise en deux pour donner insertion à un faisceau de la racine, les autres traces cotylédonnaires conservant la disposition ordinaire : ce fait correspond aux rapports 5/3, 7/4, 9/5, 11/6, 13/7.

« 2° A ce que l'une des traces cotylédonnaires se réunit à

(1) P.-A. Dangeard. *Recherches sur le mode d'union de la tige et de la racine chez les Dicotylédones* (Le Botaniste, 1re série).

une autre sans servir à l'insertion, ce cas correspond aux rapports 7/3, 9/4, 11/5, 13/6, 15/7.

« On voit que, dans le cas normal, la racine possède encore une orientation fixe, mais c'est à un intervalle entre cotylédons que correspond, dans un plan vertical, chaque faisceau ligneux.

« Ajoutons que, l'axe hypocotylé étant le siège d'un accroissement intercalaire considérable, accroissement qui n'est pas le même pour toutes les régions, il ne saurait y avoir de collet théorique. Bien plus, parmi les *éléments de raccord* appartenant soit au tissu conducteur, soit au tissu conjonctif, il n'est pas toujours possible de distinguer nettement ce qui doit être attribué à la racine et ce qui fait partie de l'axe hypocotylé. » (Comptes rendus, 1890.)

Le travail que nous publions aujourd'hui est beaucoup plus complet : nous avons été amené à étudier la plantule tout entière à des états différents ; comme nous nous sommes placé à un point de vue particulier, la bibliographie proprement dite ne sera pas longue : nous citerons simplement, dans le cours du travail, les mémoires, notes ou observations qui nous intéressent plus particulièrement et nous donnerons ici la liste des principales recherches anatomiques entreprises sur la famille des Conifères.

Nous avons étudié précédemment les Cryptogames vasculaires en appliquant les principes de la théorie phytonnaire (1) ; aujourd'hui nous abordons avec les mêmes idées l'anatomie des Gymnospermes : il en résultera, je l'espère, la conviction que beaucoup de sujets gagneraient à être repris ainsi chez les Phanérogames. Il est bien évident que, le plus souvent, les observations des auteurs précédents restent avec leur valeur intrinsèque, mais

(1) P.-A. Dangeard. Essai sur l'Anatomie des Cryptogames vasculaires (Le Botaniste, 1re série, 1889). — Mémoire sur l'Anatomie des *Tmesipteris* (Le Botaniste 2e série).

l'interprétation devra être modifiée ; des faits en discussion depuis de longues années recevront leur explication naturelle : on arrivera à se faire une idée complète de la *plante vasculaire,* de ses diverses parties, de leurs rapports exacts, ce qui ne peut manquer de profiter à la physiologie générale.

Que si, après avoir lu ce travail, on y voyait des tendances fâcheuses, il y aurait une contre-épreuve nécessaire : on pourrait se reporter à un travail cependant récent et consciencieux (1).

Si l'on comprend l'organisation de la plantule, telle que nous l'établissons ici, il ne saurait plus être question d'admettre l'existence d'une région tigellaire, distincte de la tige et de la racine, *s'étendant souvent au-dessus des cotylédons et possédant une véritable autonomie* : on a l'explication des différences que présentent les divers groupements des faisceaux et des tissus ; l'équivalence d'une branche verticale d'un arbre âgé et de la portion caulinaire d'une plante d'un an n'est autre chose que la traduction d'une identité de phytons dans les deux cas, et cette équivalence a des limites plus larges : elle s'étend aux branches de divers ordres dans la limite des variations des phytons d'une même plante.

(1) Léon Flot. Recherches sur la structure comparée de la tige des arbres. (Revue générale de Botanique, T. II, 1890.)

BIBLIOGRAPHIE

1° H. R. Goppert. *De structura anatomica Coniferarum*, Vratislaviæ, 1841.

2° Nægeli. *Beitr. Z. Wissensch Botanik*, Heft 1, Leipzig, 1858.

3° A. Henry. *Beitr. Zur Kenntn. d. Laubknospen*, 1847.

4° Th. Lestiboudois. *An. sc. nat.* 3e série, 1848.

5° H. Schacht. *Der Baum*. Bonn. 1860.

6° Geyler. *Ueber die Gefassbundelverlauf* (Pringsh. Jahrb. Bd. VI, 1862).

7° Fr. Thomas. *Zur vergleichende Anat. d. Coniferen Laublatter* (Pringsh. Jahrb., Bd IV, Heft I, 1865).

8° A. B. Frank. *Ein Beitr. Z. Kenntn. d. Gefassbundel* (Bot. Zeit. 1864).

9° Van Tieghem. *Mémoire sur la racine* (Ann. sc. natur. bot., 5e série, T. XIII, 1871) et :

10° *Sur les canaux sécréteurs des plantes* (Id. T. XVI, 1872).

11° C. E. Bertrand. *Anatomie comparée des tiges et des feuilles chez les Gnétacées et les Conifères* (Ann. sc. nat. Bot., 5e série, T. XX, 1874).

12° A. Daguillon. *Recherches morphologiques sur les feuilles des Conifères* (Revue générale de Botanique, T. II, 1890), avec bibliographie spéciale au sujet, très complète.

13° Stasburger. *Das Botanische Practicum*, 2e édition, 1887.

14° Strasburger. *Der vertreterinen der Geleitzellen in Siebtheile der Gymnospermen* (Sitz. d. Konigl. preuss. Akad. d. Wissemchaften zu Berlin, t. XIII, 1890).

15° Strasburger. *Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen*, Iéna, 1891 (cellules de transport, p. 102).

16° Van Tieghem. *Sur la structure primaire et les affinités des Pins* (Journal de Botanique, 5e année, 1891).

17° Van Tieghem. *Structure et affinités des Abies et des genres les plus voisins* (Bulletin Société Botanique de France, 1891, n° 6), avec indications bibliographiques.

Ce travail est divisé en trois chapitres : le 1er chapitre est consacré aux Conifères *Inversiovulées* : le second aux Conifères *Rectiovulées* : le 3e chapitre résume les principaux résultats de ces recherches.

CHAPITRE I

CONIFÈRES INVERSIOVULÉES

Dans ces Conifères, la racine possède des canaux sécréteurs dans la structure primaire. M. Van Tieghem, qui les désigne, à cause de cette propriété générale, sous le nom de Rhizocèles, les divise en quatre sous-tribus définies par la position des canaux sécréteurs (1 .

1° Un canal sécréteur péricyclique en face de chaque faisceau ligneux. Epixylocèles ou Pinées (*Pinus*, *Picea*, *Larix* *Pseudotsuga*).

2° Un canal sécréteur axile. Myélocèles ou Cédrées (*Abies*, *Keteleeria*, *Cedrus*, *Pseudolarix* , *Hesperopeuce*, *Tsuga*).

Les deux autres sous-tribus ont plusieurs canaux sécréteurs péricycliques en face de chaque faisceau libérien. Epiphlocèles.

3° Les feuilles ont des canaux sécréteurs corticaux. Araucariées (*Araucaria*, *Agathis*).

4° Les feuilles ont des canaux sécréteurs péridesmiques. Podocarpées (*Stachycarpus*, *Podocarpus*, etc.)

(1) Van Tiéghem. Structure et affinités des Abies. Loc. cit. page 415.

Les deux premières sous-tribus sont biovulées : elles correspondent aux Abiétinées dont les principaux genres sont classés de la manière suivante par Daguillon (1).

A Une seule sorte de rameaux	Feuilles persistantes, aplaties, dépourvues de coussinets; cônes dressés à écailles caduques.			*Abies.*
	Feuilles persistantes, cônes pendants à écailles persistantes.	Feuilles aplaties	sans coussinets. . .	*Pseudotsuga.*
			avec coussinets. . .	*Tsuga.*
		Feuilles tétragones munies de coussinets.		*Picea.*
B Deux sortes de rameaux	Feuilles coriaces et persistantes	Feuilles normales n'occupant que les rameaux courts.		*Pinus.*
		Feuilles normales sur les deux sortes de rameaux.		*Cedrus.*
	Feuilles molles et caduques.			*Larix.*

Les deux autres sous-tribus sont uniovulées : elles correspondent aux Araucariées et Podocarpées.

Dans le mode de groupement adopté par Van Tieghem, les Araucariées se trouvent rapprochées des Abiétinées : ce rapprochement se trouve appuyé par une note de Fliche (2) ; le nouveau genre *Pseudo-Araucaria* donne raison, dit-il, aux botanistes qui ont fait des Araucariées et des Abiétinées deux tribus d'une même famille ; il montre une fois de plus à quel point, soit par les formes vivantes, soit par celles qui sont éteintes, les divers groupes de Conifères sont étroitement liés entre eux.

GENRE PINUS

La plantule, dans les espèces du genre *Pinus*, a des feuilles ordinaires, aplaties, qui succèdent aux cotylédons et sont insérées suivant une spire surbaissée ; à l'aisselle de ces feuilles, il se produit çà et là des rameaux portant,

(1) A. Daguillon. Loc. cit., p. 201.

(2) *Sur un nouveau genre de Conifère* rencontré dans l'Albien de l'Argonne, (Comptes rendus, Académie des sciences, 1893).

comme l'axe principal, des feuilles ordinaires; sur cet axe et sur les rameaux, rarement dès la première année, un rameau court se développe à l'aisselle de quelques-unes de ces feuilles alternes.

Ces rameaux courts portent des feuilles alternes réduites à des écailles et formant une gaine scarieuse; ils s'épuisent en une rosette de feuilles longues, verticillées, au nombre de trois à cinq : ce sont les aiguilles. Les aiguilles sont les seules feuilles normales d'un *Pinus* développé, les seules chargées de l'assimilation chlorophyllienne: à ce moment en effet, les feuilles qui donnent à leur aisselle les rameaux courts, sont également réduites à des écailles.

Le nombre des aiguilles groupées à l'extrémité d'un rameau court a servi jusqu'à un certain point à grouper les espèces (1); dans la section des *Pinaster,* on distingue: les *Monophylla* qui n'ont qu'une aiguille, les *Pinea* qui en ont deux, les *Toeda* qui en ont trois, les *Pseudostrobus* qui en ont cinq; dans la section des *Strobus*, les rameaux courts, soit chez les *Eustrobus*, soit chez les *Cembra*, ont cinq aiguilles.

On constate des exceptions (2): nous avons, pour notre part, observé plusieurs fois trois aiguilles au lieu de deux au verticille chez *Pinus sylvestris*.

Nous avons fait l'étude de plusieurs plantules dans la section des PINEA.

1° Pinus pinea L.

(Pl. XIII, fig. 1-10 ; Pl. XIV, fig. 1-5.)

La plantule de *Pinus pinea* possède un nombre variable de cotylédons (11-13) entourés dans la graine d'un al-

(1) Engler et Prantl. Die naturlichen Pflanzenfamilien. Coniferae, 1887.
(2) Kronfeld. Ueber Polyphyllie bei Pinus.... (Sitzungsb. der K. K. zool. bot. Gesellsch. in Wien, 1888).

bumen abondant ; la racine principale très grosse, très vigoureuse, sort par le micropyle, le tégument de la graine se fend laissant voir la membrane colorée qui recouvre l'albumen ; l'axe hypocotylé se dégage, puis les cotylédons, qui supportent à ce moment la graine à leur extrémité.

Structure des cotylédons. — Les cotylédons encore enfermés au milieu de l'albumen (fig. 1, Pl. XIII) présentent quatre faces : deux latérales avec stomates, une face interne et une face externe, celle-ci ayant deux canaux sécréteurs situés vers les angles ; ces canaux sécréteurs sont séparés de l'épiderme par une assise de cellules, les cellules sécrétrices sont bordées extérieurement par une gaine de cellules à paroi cutinisée.

Les cellules épidermiques sont petites, à section quadrangulaire ; les cellules du tissu conjonctif qui s'étendent de l'épiderme au faisceau sont grandes, polyédriques et renferment, à ce moment, un protoplasma abondant, avec un gros noyau central ; il y en a sept ou huit assises à la face externe et à la face interne, quatre environ sur les faces latérales.

L'exoderme (1), c'est-à-dire l'assise contiguë à l'épiderme, est constituée par des cellules plus petites ; l'endoderme est complet autour du faisceau libéro-ligneux : ses cellules sont en forme de tonnelet ; leur protoplasma est réduit à une couche pariétale qui renferme le noyau, elles se détachent ainsi nettement des autres cellules du tissu conjonctif.

Le faisceau a une section elliptique (fig. 2, Pl. XIII) ; le bois B est constitué, à sa pointe, par quelques trachées et vaisseaux ponctués auxquels s'ajoutent de très bonne heure des trachéides provenant du fonctionnement de la

(1) Mot proposé par Vuillemin et destiné à remplacer l'expression d'hypoderme.

zone génératrice ; l'îlot libérien primaire est nettement délimité L. P. les cellules conductrices qui le constituent, ont une section transversale allongée suivant le rayon ; elles sont dépourvues de protoplasma et de noyau, si bien qu'elles se détachent fortement sur l'ensemble : cet îlot libérien se trouve séparé de bonne heure du bois par une couche assez épaisse L. S. de liber secondaire. Bois et liber sont entourés par un anneau complet de péricycle : le nombre des assises du péricycle est de trois ou quatre et les cellules sont nucléées. On peut distinguer le péricycle externe P. E. extérieur au liber et le péricycle interne P. L. du côté du bois (1).

Au voisinage de l'axe, les cotylédons sont moins allongés suivant le rayon et ils se soudent latéralement en couronne (fig. 1, Pl. XIV) ; leur face interne se termine par un angle à grande ouverture, ce qui permet aux premières feuilles de s'intercaler dans les intervalles libres : un peu plus bas, les cotylédons se soudent par leur face interne, autrement dit, ils deviennent coalescents, pour donner l'axe hypocotylé.

Structure de l'axe hypocotylé. — La structure de cet axe avec le mode d'interprétation que nous proposons devient facile à comprendre : sa surface présente des sillons qui indiquent jusqu'à un certain niveau, le nombre des rachis cotylédonnaires entrant dans sa constitution ; un cercle de canaux sécréteurs est séparé de l'épiderme par deux assises de parenchyme.

Si le nombre des cotylédons est de douze, il y a naturellement vingt-quatre canaux sécréteurs. L'écorce à grandes cellules polyédriques est épaisse, l'endoderme, sur les individus déjà âgés, offre des plissements sur les faces radiales, et lorsqu'une première cloison tangentielle s'y

(1) Léon Flot. Sur le péricycle interne (Comptes rendus, Acad. des sciences, 13 février 1893).

produit, c'est l'assise externe qui emporte ces plissements.

La couronne libéro-ligneuse résulte de la réunion tangentielle des faisceaux cotylédonnaires, tout comme l'écorce provient du tissu conjonctif externe des phytons cotylédonnaires et la moelle de leur tissu conjonctif interne.

Le péricycle a sept ou huit assises de cellules; elles se distinguent des cellules corticales, dont elles sont séparées par l'endoderme, par leur contenu granuleux : il semble évident, qu'au moins dans ce cas, l'endoderme s'oppose à la déperdition des réserves nécessaires au fonctionnement de la zone génératrice et à l'activité du cylindre central.

Théoriquement, la couronne libéro-ligneuse doit comprendre douze faisceaux libéro-ligneux cotylédonnaires ayant la structure déjà décrite : c'est bien en effet ce qui a lieu à la partie supérieure de l'axe hypocotylé ; les douze faisceaux cotylédonnaires sont séparés par de larges intervalles ; dans chacun de ces intervalles, on observe un massif procambial à la partie interne duquel se sont différenciées une ou deux trachées : malgré leur ressemblance, ces intervalles n'ont la même valeur que sur une certaine longueur de l'axe hypocotylé ; ils correspondent alors à des faisceaux foliaires ; plus bas, il faut établir une différence : dans six d'entre eux, les massifs procambiaux sont l'ébauche, le début des faisceaux foliaires destinés aux premières feuilles, et ils sont de moins en moins apparents à mesure que l'on s'éloigne des cotylédons ; dans les six autres intervalles, il s'agit des trachées qui sont l'amorce du faisceau ligneux de la racine et de son canal sécréteur ; ils sont de plus en plus apparents à mesure que l'on s'éloigne des cotylédons ; il est facile de se rendre compte de la valeur différente des intervalles en consultant les figures 3 et 4, Pl. XIII.

La moelle est large ; ses cellules sont grandes. Nous devrions rencontrer un endoderme interne comme nous avons vu un endoderme externe ; mais dans l'axe hypocotylé, l'endoderme interne n'est pas différencié : les quelques cellules plus petites qui avoisinent les trachées représentent certainement le péricycle interne, mais elles se continuent sans transition avec les cellules de la moelle.

Passage de la tige à la racine. — Dans l'écorce, les canaux sécréteurs corticaux se continuent assez bas, jusqu'au collet superficiel délimité par l'apparition de l'assise pilifère ; mais bien avant, le cylindre central montre les modifications qui précèdent la structure normale de la racine.

1° Les faisceaux libériens se réunissent deux par deux tangentiellement pour former six groupes qui se continuent directement et sans transition par les six faisceaux libériens de la racine (fig. 3, 5, Pl. XIII). N'oublions pas que c'est dans le plan vertical de ces faisceaux libériens que se placent les premiers faisceaux foliaires que nous avons rencontrés un peu plus haut à l'état procombial ; de la sorte, les premières feuilles auront immédiatement à profiter de la sève élaborée pour leurs premiers développements ; l'importance de cette position prise par les premières feuilles est à noter spécialement ; le nombre des cotylédons se trouve ainsi avoir une influence directe sur la disposition et le développement des premières feuilles.

2° Les faisceaux ligneux, un peu plus bas, se réunissent également par deux ; leurs vaisseaux s'étendent tangentiellement jusqu'à la partie interne du canal sécréteur où nous avions noté un peu plus haut la présence d'une ou deux trachées, amorce du faisceau de la racine. On trouve donc à droite et à gauche de ces trachées un massif li-

gneux (fig. 5, Pl. XIII) : les deux finissent par se rejoindre et par former une bande ligneuse continue, plus mince au contact du canal sécréteur, plus large aux extrémités où elle se moule sur le faisceau libérien ; elle peut même se continuer assez loin sur la face interne de ce dernier ; c'est cette bande ligneuse qui établit la communication entre les faisceaux de la racine et les faisceaux cotylédonnaires. Les extrémités de ces six groupes ligneux se réduisent et le faisceau de la racine prend peu à peu sa structure normale en développant quelques vaisseaux en direction centripète ; il possède même cette structure bien avant la disparition de l'épiderme et des canaux sécréteurs corticaux. L'écorce, dans toute cette partie de l'axe, a de douze à quatorze assises de cellules.

Structure de la racine. — On admettait jusqu'ici que, chez les *Pinus*, le faisceau ligneux creusé en gouttière renfermait à son bord externe, dans cette gouttière, un canal sécréteur (1). Une note récente de Van Tieghem tendrait à faire adopter une opinion différente (2). Ce savant en arrive à cette conclusion que la racine des Pins a des faisceaux ligneux de forme normale, vis-à-vis de chacun desquels l'assise profonde de l'épais péricycle produit un canal sécréteur. La gouttière ou étui vasculaire qui borde ou entoure ce canal, est une lame de vaisseaux extraligneux péricycliques, surajoutée au faisceau ligneux pour servir à la nutrition et à l'insertion des radicelles, qui joue un rôle analogue au tissu de transfusion de la feuille.

Il est assez difficile de se prononcer catégoriquement entre ces deux opinions : tout dépend du sens plus ou moins large que l'on veut accorder au mot péricycle.

Quand, un peu au-dessous des cotylédons, j'ai signalé

(1) Van Tieghem. Mémoire sur la racine. Loc. cit.
(2) Van Tieghem. Sur la structure primaire et les affinités des Pins (Journal de botanique, 1891).

entre les faisceaux cotylédonnaires, des massifs procambiaux destinés à se différencier en faisceaux libéro-ligneux foliaires, je ne les ai point considérés comme étant de nature péricyclique, malgré leur situation ; il me paraît en être de même de ces ailes vasculaires et de ces canaux sécréteurs : ils auraient leur méristème propre.

En effet, je serais porté à considérer ces canaux sécréteurs opposés aux faisceaux ligneux de la racine comme appartenant au système de canaux ligneux du bois de la tige et de la racine : on le rencontre dans les mêmes genres (*Pinus*, *Larix*, *Pseudotsuga*, *Picea*) (1) ; il n'y aurait pas, selon nous, chez ces plantes deux systèmes distincts, l'un péricyclique opposé aux faisceaux ligneux de la racine, le second ligneux. Dans ces genres, la structure de la racine primaire est normale ; la face interne des faisceaux libériens est bordée par de petites cellules de méristème dans lesquelles s'établira la zone génératrice ; il y a également au bord externe des faisceaux ligneux et sur les côtés un méristème qui fournit, avant les premières cloisons tangentielles de la zone génératrice, les premiers canaux sécréteurs ligneux et les ailes vasculaires.

Quoi qu'il en soit de cette idée, je tenais à la préciser sous cette forme : il y a des questions qui ne peuvent être résolues du même coup avec certitude, elles dépendent d'un ensemble de faits qui s'élucident lentement : c'est le cas en anatomie végétale pour un grand nombre de points.

La racine d'une plantule à douze cotylédons, dans le *Pinus pinea*, possède six faisceaux à la racine (fig. 7, Pl. XIII).

L'écorce est divisée en deux zones : la zone externe limitée extérieurement par l'assise pilifère ne comprend

(1) Le genre *Tsuga*, qui n'a pas de canaux sécréteurs dans le bois, ne possède pas ce système de canaux dits péricycliques.

que trois ou quatre assises de cellules petites, arrondies, colorées; l'interne en possède huit à neuf avec cellules plus grandes. L'endoderme se divise d'assez bonne heure par une première cloison tangentielle qui se forme intérieurement aux plissements.

Le péricycle a une épaisseur de sept à huit cellules : c'est la seule région qui possède, dans la racine, des tubes sécréteurs (1) ; ces derniers dans l'axe hypocotylé abondaient dans la moelle, dans le péricycle, dans les rayons ; ils existaient sous l'épiderme et quelques-uns s'aventuraient dans l'écorce.

La moelle est large ; sur son pourtour, est un parenchyme à cellules petites, pleines d'activité.

Les faisceaux ligneux sont cunéiformes (fig. 8, B, Pl. XIII), sans développement, à ce stade, d'ailes vasculaires.

Les faisceaux libériens ne présentent rien de particulier ; à leur côté interne, se trouvent ces petites cellules dans lesquelles se développera la zone génératrice.

Nous avons pris le cas d'une plantule à 12 cotylédons et possédant six faisceaux à la racine. Il se produit fréquemment des variations dans le nombre des cotylédons et celui des faisceaux ; ainsi, avec treize cotylédons, la plantule peut n'avoir que cinq faisceaux, alors qu'avec onze cotylédons seulement, elle en a quelquefois six : la course des faisceaux que nous avons établie dans ces deux cas (fig. 9, 10, Pl. XIII), fait comprendre suffisamment par suite de quelle combinaison.

Il nous reste à étudier le développement de l'axe épicotylé et de ses premières feuilles.

1° *Structure des feuilles primordiales.* — Les feuilles

(1) Je désigne sous ce nom des cavités étroites produites par écartement des cellules, au moins le plus souvent ; ce sont des méats, leur paroi est cutinisée, leur contenu coloré, et ils sont très allongés suivant l'axe, très abondants dans les plantules ; ils m'ont paru, peut-être à tort, mal étudiés.

qui se montrent après les cotylédons sont dites feuilles primordiales ; elles ont sur leurs bords des poils coniques assez allongés. Dans une germination peu avancée, nous trouvons ces feuilles moulées dans les intervalles cotylédonnaires (fig. 1, Pl. XIV) ; leur section a ainsi deux faces externes faisant entre elles un angle très obtus ; deux faces latérales suivant lesquelles elles se soudent et une face interne qui les rattache à la tige. A ce moment, elles sont encore très jeunes, le faisceau central est à l'état procambial : c'est un simple massif de cellules nucléées en voie de cloisonnement (fig. 2, Pl. XIV) ; la première trachée se différencie avant les cellules conductrices du liber ; ces dernières se forment par deux ou trois rangées parallèles de cellules, dans lesquelles le cloisonnement s'opère tangentiellement; le massif tout entier est d'ailleurs entouré par des assises subissant le même mode de division tangentielle. Le mésophylle est homogène sans indication de plissements à l'assise interne, dont il est d'ailleurs impossible de préciser la place à ce stade ; aux deux faces latérales, se trouve le canal sécréteur en formation. Ces feuilles se continuent dans la tige par le rachis phytonnaire avec leur faisceau et leurs deux canaux sécréteurs ; il ne faut pas oublier que d'autres rachis phytonnaires sont plus intérieurs et moins avancés en différenciation : ce sont choses qu'il est bon de se rappeler, si l'on veut comprendre une section transversale de la tige.

2° *Structure de la tige.* — Un peu avant le départ des cotylédons, la tige, outre les douze faisceaux cotylédonnaires, en a douze situés plus profondément : ce sont les foliaires des douze premières feuilles primordiales occupant les douze intervalles cotylédonnaires. Six d'entre eux sont plus avancés en différenciation ; ils correspondent aux phytons qui se trouvent dans

le plan vertical des faisceaux libériens de la racine et qui, par là même, sont plus favorisés pour leur nutrition. Chacun des foliaires est accompagné de ses deux canaux sécréteurs qui se montrent plus ou moins haut.

La théorie phytonnaire seule pouvait nous faire prévoir ce résultat d'après la structure de la feuille et le nombre de ses canaux sécréteurs.

L'interprétation d'une section de la jeune tige à un niveau quelconque au-dessus des cotylédons n'offre plus dès lors aucune difficulté (fig. 3, Pl. XIV).

1° L'écorce est cannelée par suite des divers états de coalescence des rachis phytonnaires ;

2° Un nombre variable de faisceaux foliaires, situés plus ou moins profondément dans l'écorce, suivant qu'ils sont plus ou moins près du niveau d'insertion de la feuille ;

3° Un nombre double de canaux sécréteurs accompagnant les foliaires et situés également à des profondeurs variables dans l'écorce. Ce nombre se trouve réduit d'ordinaire, car, chaque fois que deux canaux sécréteurs — l'un appartenant à une feuille inférieure et l'autre à une feuille supérieure — se trouvent dans le même plan vertical, ils se confondent (fig. 3, A, Pl. XIV). Le nombre normal des canaux sécréteurs n'existe qu'au début de l'axe épicotylé, au départ des cotylédons.

Les variations du cycle foliaire étant assez compliquées dans le *Pinus pinea*, nous nous bornerons à l'énoncé de cette règle, nous réservant de la mettre en pleine lumière dans le *Pinus Laricio* ;

4° La couronne libéro-ligneuse avec foliaires à structure normale (fig. 5, Pl. XIV) et faisceaux anastomotiques : ces derniers ne sont autre chose que la terminaison de faisceaux foliaires supérieurs ;

5° Une moelle très large.

Avant d'étudier plus en détail chacune de ces parties,

nous pouvons rectifier une interprétation qui s'est produite au sujet de la nature des canaux sécréteurs de l'écorce dans les Pinus (1). Van Tieghem admet que les canaux qui se trouvent en dehors de la couronne libéro-ligneuse sont péricycliques. « Que ces canaux soient péricycliques et non corticaux, c'est ce qu'on peut décider, dit-il, en l'absence de preuves directes résultant d'une différenciation de l'endoderme, par l'étude des nœuds. A chaque nœud, en effet, le faisceau foliaire intercalé à deux réparateurs s'échappe dans l'écorce en passant entre les deux canaux sécréteurs voisins qui restent en place ; puis apparaissent dans l'écorce de chaque côté du faisceau foliaire deux nouveaux canaux sécréteurs qui pénètrent dans la feuille avec lui. En résumé, si l'on fait abstraction de ce faible prolongement dans l'écorce des canaux sécréteurs foliaires, la région inférieure, non caractérisée de la tige et sans doute aussi la tige adulte du *Pin normal* ne renferme dans sa structure primaire qu'un seul cercle de canaux péricycliques, superposés à ses faisceaux réparateurs. »

Nous avons établi qu'il y a continuité entre les canaux sécréteurs de la feuille et ceux de l'écorce de la tige, tout comme il y a continuité entre le faisceau foliaire et sa trace dans la tige. Lorsqu'un faisceau foliaire de la feuille arrive dans le rachis avec ses deux canaux sécréteurs, ceux-ci ne se terminent pas brusquement à leur arrivée dans l'écorce, pour laisser place à un second système péricyclique ; ces canaux viennent se ranger en cercle dans l'écorce, et comme ils se trouvent le plus souvent dans le plan vertical d'un canal appartenant à une feuille supérieure, ils se continuent avec lui (fig. 3, A, Pl. XIV) : le moment où les deux se fusionnent est marqué fig. 4,

(1) Ph. Van Tieghem. Sur la structure primaire et les affinités des Pins. Loc. cit.

Pl. XIV. Si le lecteur n'est pas convaincu, qu'il veuille bien attendre la description des autres espèces et en particulier du *Pinus Laricio*.

Ces canaux qui ne forment qu'un seul système, occupent le mésophylle dans la feuille ; dans la tige, ils se trouvent dans l'écorce, continuation du mésophylle. En considérant la tige comme un agrégat de rachis phytonnaires, ces faits sont prévus, avant l'observation directe qui les vérifie complètement et les met au-dessus de toute contestation.

Van Tieghem admet d'autre part que « dans les espèces où l'appareil sécréteur se développe avec le plus d'abondance (*Pinus Pinaster, Pinea*, etc.), la tigelle possède deux systèmes de canaux sécréteurs, l'un péricyclique, *continuation vers le haut de celui de la racine terminale*, l'autre cortical, prolongement vers le bas de celui des cotylédons (1).

Si l'on veut comprendre la tige comme nous le faisons, on verra bien à priori l'impossibilité de la chose ; au-dessus des cotylédons, le système de canaux sécréteurs est cortical, nous venons de le dire ; il ne peut se continuer avec le système dit péricyclique de la racine et il n'y a aucune communication, comme on pourra le vérifier ; axe hypocotylé et axe épicotylé ont cependant deux systèmes de canaux sécréteurs comparables. Le premier, pour lequel il n'y a pas d'hésitation possible, est le système de canaux corticaux ; dans l'axe hypocotylé, il est situé moins profondément dans l'écorce ; dans l'axe épicotylé, la tige et les rameaux, il est situé plus profondément ; cette différence insignifiante tient simplement à la place des canaux sécréteurs dans les cotylédons et les feuilles. Le second système est celui des canaux ligneux ; si l'on considère, avec nous, les canaux sécréteurs de la racine simplement comme les premiers formés, l'amorce des

(1) Van Tieghem. Loc. cit. p. 282.

canaux sécréteurs qui se trouvent dans le bois secondaire, les deux systèmes de la tige et de la racine seront également comparables; on sait que, chez les *Pinus*, les canaux sécréteurs peuvent aussi se produire dans les faisceaux primaires de la tige.

En résumé, il n'existe, selon nous, que deux systèmes de canaux sécréteurs : les uns corticaux, les autres ligneux.

Examinons plus en détail chacune de ces parties. La surface de la tige indique, par le nombre des côtes, la quantité de phytons qui, à ce niveau, prennent part à sa formation.

Depuis le liber jusqu'à l'épiderme, au fond des sillons, il y a de douze à quinze assises de cellules ; il y en a une vingtaine ou davantage en face les côtes ; leur grandeur ne diffère pas sensiblement.

Les canaux sécréteurs se trouvent au milieu de l'écorce, en couronne et séparés du liber stratifié par six assises de cellules ; les cellules sécrétrices nombreuses sont entourées par quelques tubes à paroi cutinisée : ces mêmes tubes se rencontrent çà et là dans l'écorce et la moelle, mais plus particulièrement au voisinage du liber primaire écrasé et des trachées, c'est-à-dire dans les parties qui correspondent au péricycle interne et externe. Comme les canaux sécréteurs, sauf réduction, accompagnent par deux les foliaires et sont placés de chaque côté à quelque distance, il en résulte que chaque faisceau anastomotique semble avoir deux canaux qui lui correspondent.

La moelle est très large : on compte de trente à quarante cellules suivant le diamètre, sauf à la pointe des faisceaux où les cellules du péricycle interne sont plus petites ; cet ensemble est homogène.

Dans la couronne libéro-ligneuse, à chaque côte assez prononcée, correspond un faisceau foliaire déjà engagé dans l'écorce et flanqué de ses deux canaux sécréteurs

(fig. 3, Pl. XIV). Entre chacun de ces foliaires, plus profondément, se trouvent rangés en couronne les anastomotiques. Ces faisceaux anastomotiques ont autant de pointements trachéens qu'ils renferment de faisceaux constituants, et il suffit qu'entre deux côtes, on aperçoive un début de décurrence foliaire pour que, dans la couronne libéro-ligneuse, le faisceau foliaire correspondant se dégage du milieu de l'anastomotique. Dans ces faisceaux, le bois peut ne comprendre que quelques trachées et vaisseaux primaires, alors que la zone génératrice et libérienne est déjà très épaisse, le liber primaire étant écrasé contre le péricycle. Le péricycle ne se reconnait qu'à la présence de ces tubes à paroi cutinisée qui accompagnent le faisceau dans la feuille ; mais par suite de l'absence d'endoderme dans la tige, on ne saurait lui tracer de limites précises. Ce n'est qu'un peu plus tard, que les canaux sécréteurs se montrent dans le bois secondaire.

2° Pinus laricio Poir.

(Pl. XV, fig. 1-15.)

Dans l'étude de cette espèce, nous nous efforcerons de bien mettre en évidence la structure phytonnaire, ainsi que les modifications qui se produisent avec l'âge dans la plantule.

La plantule possède normalement huit cotylédons ; audessus, les feuilles primordiales, du moins dans les deux ou trois premiers entre-nœuds, sont disposées presque régulièrement en verticilles de quatre (fig. 8, Pl. XV); plus haut, il se produit des variations et le cycle n'est pas toujours facile à déterminer.

Structure des cotylédons. — Les cotylédons sont dépourvus de canaux sécréteurs : le faisceau foliaire est

entouré d'un endoderme complet ; mais le péricycle est réduit à deux assises ; l'endoderme est séparé de l'épiderme du côté externe par six assises de parenchyme environ.

Structure de l'axe hypocotylé. — Dans l'axe hypocotylé, tout en haut, après coalescence des rachis phytonnaires, il y a huit faisceaux rangés en cercle ; dans l'intervalle de deux en deux, se montre un massif procambial qui est l'amorce des quatre premiers faisceaux foliaires ; dans les quatre autres intervalles, un peu plus bas, nous trouvons un canal sécréteur ; assez rapidement les faisceaux libériens s'unissent tangentiellement par deux dans les intervalles qui correspondent aux foliaires et les faisceaux ligneux se groupent deux par deux avec un bois très réduit dans les intervalles qui correspondent aux canaux sécréteurs (fig. 3, Pl. XV).

L'écorce comprend huit assises de cellules ; le péricycle est bisérié ou trisérié, les quatre faisceaux libériens ont la forme d'un demi-cercle, le faisceau ligneux a sa pointe séparée du canal sécréteur par une ou deux assises de parenchyme et les vaisseaux, un peu au-dessous du groupement, par deux des faisceaux cotylédonnaires, prennent la disposition centripète qu'ils conserveront dans la racine. Le cylindre central de l'axe hypocotylé a depuis longtemps la disposition normale de la racine, alors que l'écorce est encore recouverte de l'épiderme (fig. 5, Pl. XV).

Structure de la racine. — Lorsque l'épiderme est remplacé par l'assise pilifère, le cylindre central n'éprouve pas grande modification ; seule l'assise externe de l'écorce se trouve profondément modifiée par l'adjonction d'un manchon de petites cellules arrondies, qui s'exfolie facilement ; j'ai vu se produire une division d'un faisceau ligneux : le canal sécréteur se divise en deux et la masse ligneuse

qui lui correspond s'étend tangentiellement et se divise également en deux faisceaux.

Variations de structure de la plantule. — La plantule peut posséder dix cotylédons et cinq faisceaux à la racine ; c'est là néanmoins une structure normale ; mais on trouve en outre, avec le nombre huit des cotylédons, quelques variations notables : ainsi, par exemple, des quatre canaux sécréteurs de la racine qui se montrent au-dessous des cotylédons, deux peuvent se trouver opposés directement à un faisceau cotylédonnaire, au lieu de correspondre à l'intervalle de deux (fig. 2, 4, Pl. XV); des modifications analogues se montrent avec sept cotylédons; ces variations retentissent, comme nous le verrons, sur la structure secondaire.

Etudions maintenant une plantule plus âgée, possédant déjà un certain nombre de feuilles ; ces feuilles sont très rapprochées les unes des autres ; elles sont disposées, comme nous le savons, au moins les huit premières, par verticilles de quatre ; elles ressemblent beaucoup aux cotylédons, mais sont plus larges, aplaties et à bords dentés.

Commençons l'étude de cette plantule par la racine ; toute l'écorce a ses parois cutinisées jusqu'à l'endoderme qui a subi des cloisonnements tangentiels ; elle est destinée à être exfoliée. Au centre, les quatre faisceaux ligneux forment une étoile à quatre branches qui arrivent presque à se toucher tangentiellement, emprisonnant une moelle réduite à cinq ou six cellules. Nous avons vu que, dans la structure primaire, chaque faisceau libérien était bordé du côté de la moelle par des cellules plus petites : c'est dans ces cellules que s'établit la zone génératrice ; elle a donné naissance à quatre masses libéro-ligneuses qui sont encore séparées les unes des autres par les faisceaux ligneux et les canaux sécréteurs; chacun de ces

cordons ne comprend que des fibres ligneuses traversées par des rayons médullaires unisériés ; le liber secondaire, en se développant, a comprimé le liber primaire devenu inutile.

En approchant des cotylédons, la même structure des cordons se conserve, mais ils sont réunis à ce niveau par les bandes ligneuses qui proviennent du groupement par deux des faisceaux cotylédonnaires (fig. 6, Pl. XV).

Plus haut, les faisceaux cotylédonnaires s'isolent et passent dans chaque cotylédon.

A tous ces différents niveaux, l'endoderme a isolé l'écorce en produisant du liège par division tangentielle, et ce liège s'étend même en arc dans les cotylédons à leur base.

Les huit cotylédonnaires étant groupés par deux, les quatre cordons anastomotiques occupent les intervalles (fig. 9, 10, Pl. XV) ; un peu plus haut, les cotylédons s'isolent (fig. 11) et alors commence l'axe épicotylé.

Il débute par quatre phytons foliaires qui sont dans le plan vertical des quatre cordons de la racine ; il est évident qu'il n'y a pas là une simple coïncidence ; chaque phyton comprend un foliaire et deux canaux sécréteurs : la tige, qui résulte de leur union, aura quatre foliaires et huit canaux sécréteurs ; c'est bien ce qui a lieu et lorsque la tige ne possède à ce niveau que six ou sept canaux sécréteurs, c'est que l'un d'eux n'a pas encore fait son apparition.

Le second verticille se compose également de quatre phytons alternes avec les premiers (fig. 8) ; si chaque partie du système restait indépendante, la tige posséderait à un certain niveau seize canaux sécréteurs (8+8), huit foliaires dont quatre sortants et quatre plongés au milieu des anastomotiques ; en réalité, il y a des réductions, mais elles ne portent que sur le nombre des canaux sécréteurs. Ce nombre est réduit de moitié pour la raison sui-

vante : il se trouve que le canal sécréteur occupant le côté d'un phyton du verticille supérieur est immédiatement superposé au canal sécréteur du phyton inférieur ; dans ces conditions, ils se continuent directement, c'est ce que montre mieux que toute description la fig. 14, dans laquelle les canaux sécréteurs sont représentés par les lignes en pointillé. Le nombre des canaux sécréteurs peut encore être réduit si les deux canaux voisins des phytons d'un même verticille se rapprochent et s'unissent en un seul.

Avec cette manière d'envisager la tige, on se rend compte de la structure normale, de la constitution mathématique d'une plante ; on se rend compte de même des variations qui peuvent s'y produire et de leur signification.

Ainsi, encore un autre exemple : il arrive que le premier verticille se place mal, parce que la jeune plantule n'a pas donné, à la façon habituelle, insertion aux faisceaux de la racine (fig. 14) ; deux des faisceaux foliaires, superposés directement aux faisceaux cotylédonnaires, se divisent et portent à six le nombre des cordons anastomotiques dans l'axe hypocotylé (fig. 13 et 14); dans la fig. 13, deux des anastomotiques forment avec le cotylédonnaire B une masse libéro-ligneuse unique.

A partir du 2e verticille, il arrive souvent que le cycle foliaire tend à changer (fig. 12) ; l'un des phytons précédant les autres avec son foliaire F déjà isolé. Le nombre des foliaires et des canaux sécréteurs aux différents niveaux se trouve naturellement sous la dépendance du cycle foliaire ; il est aisé de le comprendre après ce qui précède.

Nous venons de voir, pour ainsi dire, l'agencement des phytons dans la plantule ; examinons maintenant leur structure dans leur partie libre (feuille) et dans leur partie coalescente (rachis).

Structure des feuilles primordiales. — Ces feuilles sont aplaties (fig. 15) ; les deux canaux sécréteurs se portent sur les côtés vers la face externe : ils sont d'abord séparés de l'épiderme par une ou deux assises de cellules et arrivent souvent ensuite à le toucher ; l'endoderme entoure complètement le faisceau qui comprend un péricycle bisérié ; le mésophylle est formé en général de deux assises de cellules du côté de la face interne et du côté de la face externe : il est plus épais dans les ailes et plissé ; les stomates sont distribués sur la face externe. En se rapprochant de la tige, on voit le tissu plissé remplacé par ce mésophylle homogène à larges cellules que nous retrouvons dans l'écorce de la tige.

Structure de la tige. — La tige est parcourue à sa surface par autant de côtes qu'il y a de rachis prenant part à sa formation (fig. 12) ; elle comprend huit assises environ formant un parenchyme homogène à cellules polyédriques ; les canaux sécréteurs y forment un cercle situé à quelque distance de la couronne libéro-ligneuse ; les règles établies précédemment indiquent leur position, leurs relations, leur nombre. Les faisceaux foliaires sont à diverses profondeurs dans l'écorce; il y a dans la couronne quatre faisceaux anastomotiques intercalés aux faisceaux foliaires ; on n'observe encore à cet âge aucun canal sécréteur dans le bois. La moelle est réduite et son épaisseur varie du simple au double ; il n'existe pas de limite tranchée entre la moelle et le péricycle interne ; il n'en existe pas davantage entre le liber et l'écorce. Les relations des faisceaux foliaires et des faisceaux anastomotiques son suffisamment indiquées par les fig. 10 et 14, Pl. XV.

3° Pinus sylvestris L.

(Pl. XVI, fig. 1-2.)

Les plantules étudiées étaient plus âgées que celles des deux espèces précédentes ; elles provenaient d'un semis fait en octobre 1891 : elles furent arrachées et placées en collection en février 1893. Tous les pieds étaient loin d'avoir atteint le même développement, ils étaient ramifiés ; ces plantules possédaient, dispersées çà et là, des aiguilles géminées à l'aisselle des feuilles primordiales, soit sur la tige principale, soit sur les rameaux ; nous avons rencontré assez fréquemment ces aiguilles réunies par trois dans la même gaine.

Le nombre des cotylédons varie de six à neuf : au stade étudié ici, il n'en reste plus que des traces desséchées.

Les feuilles primordiales sont serrées sur la tige ; elles sont ciliées sur leurs bords ; sur leur section, on ne voit aucune trace d'hypoderme ; le mésophylle a des cellules déjà plissées ; l'endoderme est bien différencié (fig. 1, Pl. XVI) ; le péricycle est bisérié : des aréoles se montrent sur les cellules quand il est âgé. On voit particulièrement bien, dans cette espèce, cette lame à gros noyaux qui établit une communication entre l'endoderme et les tubes criblés du liber, de chaque côté du faisceau (fig. 2, T, Pl. XVI) ; elle a été signalée d'abord par Strasburger (Ueber den Bau und die Verrichtungen der Leitungsbahnen, p. 102, Iéna, 1891) ; elle existe chez un grand nombre d'espèces, plus ou moins développée (1).

La feuille a deux canaux sécréteurs situés sous l'épiderme.

Ce que nous désirions étudier sur ces plantules âgées, ce sont les modifications apportées par l'âge à la struc-

(1) Van Tieghem. Structure et affinités des Abies. Loc. cit.

ture primaire telle que nous l'avons interprétée, nous voulions nous faire également une opinion personnelle sur la nature des aiguilles.

Dans l'axe hypocotylé et la racine, les modifications apportées par l'âge proviennent du fonctionnement de la zone génératrice qui rejoint ses bords en passant à la face externe des canaux sécréteurs ; dès lors tout est réuni en une couronne complète ; le bois se forme en très grande quantité ; il renferme des canaux sécréteurs semblables aux premiers formés dans la racine ; ils sont séparés des fibres ligneuses par un manchon de cellules de parenchyme ; dans les rayons médullaires, il n'y a qu'un seul rang de cellules à gros noyau ; elles sont étroites, mais assez longues suivant le rayon ; l'épaisseur du liber secondaire est relativement faible ; au voisinage de la moelle, toutes les parties ligneuses, isolées d'abord dans la structure primaire, sont réunies plus tard par une lignification des éléments qui les entoure.

Dans la tige, les cellules s'exfolient par suite de la formation d'un liège dans la zone externe de l'écorce ; les autres ont suivi l'accroissement tangentiel et se sont cloisonnées radialement ; elles sont arrondies, unies en tissu lâche ; elles sont nucléées pour la plupart; les cellules des canaux sécréteurs conservent leur noyau.

Les cellules de la moelle sont arrondies, dissociées par endroits, surtout au centre : la présence d'un noyau atteste qu'elles sont vivantes.

Parmi les cellules vivantes, outre celles qui constituent la zone génératrice, nous devons citer les grandes cellules des rayons médullaires qui, disposées sur un seul rang, se sont allongées radialement, et les cellules du parenchyme ligneux qui accompagnent les canaux sécréteurs du bois.

Le bois secondaire a pris un très grand développement, la zone génératrice ne fournissant guère que des éléments

ligneux ; le liber secondaire a une faible épaisseur et il se réduit à quelques assises de cellules conductrices et de parenchyme libérien ; on sait que chez les *Pinus*, le liber secondaire est dépourvu de fibres (1).

Rameaux courts et aiguilles. — Sans vouloir faire ici des rameaux courts et des aiguilles, chez les Conifères, une étude spéciale, voici les points qui peuvent être mis en évidence, lorsqu'on s'appuie sur la théorie phytonnaire :

1° Les rameaux courts sont des rameaux dans lesquels les phytons de la base ont avorté dans leur partie foliaire ; il en résulte des faisceaux foliaires très petits ;

2° A cet avortement, on peut opposer un développement important des deux phytons supérieurs ; il en résulte une importance très grande des faisceaux anastomotiques du rameau qui ne sont autre chose que la trace des foliaires des aiguilles ;

3° Une caractérisation trop rapide des tissus des aiguilles est probablement la cause qui a empêché les phytons supérieurs à ces aiguilles de prendre part à la continuation de ce rameau.

Nous allons essayer de bien préciser chacun de ces points. Le rameau court, sur les plantules, naît à l'aisselle d'une feuille primordiale ordinaire ; sur l'arbre adulte, il se trouve à l'aisselle d'une écaille. Une section de la base, intéressant la feuille axillaire, comprend :

Une écorce traversée presque horizontalement suivant le diamètre parallèle à la feuille axillaire, par deux faisceaux foliaires réduits à quelques trachées, deux canaux sécréteurs sont placés à droite et à gauche de ces faisceaux ; un troisième faisceau foliaire se détache, à un niveau légèrement supérieur, dans la direction opposée à la feuille, et il est lui-même accompagné de deux canaux

(1) Bertrand. Loc. cit.

sécréteurs. D'autres faisceaux semblables, avec canaux sécréteurs, se succèdent suivant le cycle foliaire existant sur ce rameau ($\frac{5}{13}$) et on constate facilement que tous se rendent dans les feuilles rudimentaires, dans les écailles qui constituent une sorte de gaine desséchée ; ces écailles très élargies se recouvrent en préfoliation imbriquée; leurs cellules sont petites, à paroi cutinisée, le mésophylle a une épaisseur de cinq assises au milieu ; sur les bords, il se trouve réduit à une seule assise située entre les deux épidermes.

Le cylindre central a la structure d'un rameau ordinaire avec ses faisceaux foliaires et ses faisceaux anastomotiques ; le nombre de ces derniers (4-6) correspond au nombre des faisceaux foliaires qui quittent le cylindre central.

Dans cette partie, le rameau court se compose de phytons dont la partie foliaire est réduite et meurt de très bonne heure ; leur rachis est également court, mais il reste vivant et possède exactement la structure qu'il a dans la tige ou les branches ordinaires ; chaque faisceau foliaire est accompagné de ses canaux sécréteurs et les réductions qui s'opèrent dans leur nombre sont dues aux mêmes causes que celles qui ont été énoncées pour la tige.

Cette structure se conserve jusqu'au niveau où les aiguilles remplacent les écailles. Le voisinage des aiguilles s'annonce par la disposition que prennent les faisceaux anastomotiques ; ils se rangent en deux arcs largement séparés ; à ce niveau, l'écorce possède un certain nombre de faisceaux foliaires et de canaux sécréteurs qui vont s'éteindre à la base des dernières écailles.

Les phytons à écailles ayant disparu, il ne reste plus que les deux phytons à aiguilles ; la structure de l'axe à ce niveau comprend donc deux faisceaux foliaires et quatre canaux sécréteurs ; au centre du rameau, entre

les deux rachis, une bande de méristème représente le point végétatif ; ce point végétatif n'est pas mort ; il est formé par une centaine de petites cellules nucléées formant une bande ayant en son milieu une épaisseur de sept ou huit cellules sur une longueur d'une vingtaine. Ce méristème représente les rachis des phytons supérieurs aux aiguilles; leur partie foliaire, quoique réduite, était d'ailleurs bien différenciée sur les exemplaires étudiés.

On ne peut donc dire, comme on le fait, *que les aiguilles terminent le rameau court* : ce rameau est en réalité *terminé par des feuilles rudimentaires par avortement.*

Il est nécessaire de faire ressortir quelques conséquences importantes.

A. L'extrémité du rameau court portant les aiguilles nous montre un axe réduit à sa plus grande simplicité, pour la raison que les phytons supérieurs rudimentaires n'ont pu contracter avec les aiguilles les rapports ordinaires du tissu conjonctif et du tissu libéro-ligneux qui compliquent généralement la structure des axes.

B. Les aiguilles des *Pinus* ne résultent pas d'une tige qui se serait fendue à son extrémité suivant un plan vertical ; elles ne constituent donc pas d'organe spécial, sans équivalent dans les autres groupes, comme on l'a dit plusieurs fois ; ce sont des feuilles ordinaires tout comme les écailles ; seul le développement relatif des parties diffère.

C. C'est dans cet exemple que l'on voit bien nettement deux phytons ayant une partie libre (feuille-aiguille) et une partie concrescente : d'où l'axe avec ses deux faisceaux libéro-ligneux et ses quatre canaux sécréteurs.

D. L'importance de ces faisceaux de l'aiguille entraîne l'importance des faisceaux anastomotiques du rameau court.

La structure même de l'aiguille présente les particu-

larités suivantes : sa section a la forme d'un demi-cercle ; dans l'axe et au départ, le faisceau reste indivis, il possède beaucoup de bois et de liber secondaires ; il est entouré par deux ou trois assises de grandes cellules qui correspondent au péricycle, mais sans qu'il y ait comme limite un endoderme ; plus extérieurement, un mésophylle homogène à cellules nucléées, les cellules plus petites de l'exoderme et enfin l'épiderme. Plus haut, le faisceau se divise en deux coins libéro-ligneux qui font entre eux un certain angle ; l'endoderme avec cellules en tonnelet délimite nettement le péricycle commun aux deux faisceaux; le mésophylle possède des cellules plissées et l'exoderme tend à devenir fibreux.

Nous avons encore étudié, dans le genre *Pinus*, de nombreuses plantules appartenant aux deux espèces : *P. excelsa*, *P. maritima* ; tout s'y passe, à peu de chose près, comme dans les espèces déjà étudiées : cela nous dispense de détails.

4° **Pinus maritima Poir.**

(PL. XIV, fig. 6-10.)

Les cotylédons sont dépourvus de canaux sécréteurs ; avec neuf cotylédons, nous avons vu des racines à quatre faisceaux, alors qu'avec sept faisceaux, certaines plantules avaient cinq faisceaux à la racine ; la course longitudinale des faisceaux cotylédonnaires et leurs rapports avec les faisceaux de la racine sont indiqués dans les figures 9 et 10, Pl. XIV.

5° **Pinus excelsa Wall.** *(Eustrobus).*

Les cotylédons sont dépourvus de canaux sécréteurs ; il y en a de huit à dix avec quatre faisceaux à la racine. Le péricycle est peu épais, réduit à quatre ou cinq

assises ; les canaux sécréteurs se montrent de très bonne heure ; il existe de nombreux tubes sécréteurs sous l'épiderme et dans le péricycle.

GENRE PICEA

Les feuilles des *Picea* reposent sur de volumineux coussinets ; elles sont tétragones, persistantes, dressées sur les rameaux comme celles des *Cedrus* et des *Larix*. Le tissu fondamental de la feuille n'est pas différencié en parenchyme, en palissade et en parenchyme rameux ; les stomates se trouvent sur les deux faces du limbe et forment quatre groupes, deux à la face supérieure de la feuille et deux à la face inférieure ; chaque feuille a deux canaux sécréteurs accolés à l'épiderme de la face inférieure, à droite et à gauche de la nervure (1).

Daguillon a étudié avec soin les cotylédons et les feuilles primordiales du *Picea excelsa* ; il a constaté que ces dernières étaient finement dentées, au lieu d'être lisses comme celles des années suivantes ; il a vu également que leur section était fréquemment aplatie, au lieu d'être tétragone, et que l'hypoderme y est absent ou à peine indiqué (2).

Notre étude a porté sur la plantule entière du *Picea alba* ; les résultats nouveaux se rapportent au mode d'union de la tige et de la racine, à la structure de l'axe, à la disposition des canaux sécréteurs et aux variations de structure suivant les individus considérés.

(1) Bertrand. Loc. cit. p. 84.
(2) Daguillon. Loc. cit. p. 255-263.

1° Picea alba Ait.

(Pl. XVI, fig. 3-14.)

C'est sous le nom d'*Abies alba* que m'ont été fournies les graines qui ont donné les plantules étudiées ici ; je pensais avoir affaire à l'*Abies alba* Mill (*A. pectinata* D. C.) ; mais son étude achevée, je me suis aperçu que cette plante n'était pas un ABIES, mais un PICEA, très probablement le *Picea alba*. Ce fait n'a rien qui puisse surprendre, les espèces du genre *Picea* ont été longtemps réunies aux *Abies*, et le public désignant indifféremment du nom de sapins les véritables *Abies* et les Epicéas.

La plantule possède de cinq à sept cotylédons qui restent longtemps engagés dans la coque de la graine (fig. 3, Pl. XVI).

Structure des cotylédons. — La section des cotylédons est triangulaire ; la pointe est tournée vers l'intérieur et le triangle est à peu près équilatéral. Au milieu se trouve le faisceau libéro-ligneux entouré par un endoderme à grandes cellules ; le mésophylle est homogène ; il ne possède pas de canaux sécréteurs.

Structure de l'axe hypocotylé. — Les rachis cotylédonnaires deviennent coalescents à la façon normale pour constituer l'axe hypocotylé et les six faisceaux libéro-ligneux se rangent en cercle (fig. 5, Pl. XVI) ; si la plantule est assez âgée, on trouve ces six faisceaux rapprochés par deux et, dans chacun des trois intervalles, un faisceau libéro-ligneux foliaire à l'état procambial ou différencié ; ils sont destinés aux premières feuilles.

L'écorce a quatre ou cinq assises de cellules, le péricycle en a trois ou quatre.

Descendons vers la racine : nous voyons les faisceaux

libériens s'unir tangentiellement par deux ; ils se continuent ainsi directement (fig. 5, 6, 7, Pl. XVI) par un faisceau libérien de racine ; vers le haut, ils se trouvent en communication immédiate avec les faisceaux foliaires.

D'un autre côté, au milieu des faisceaux ligneux cotylédonnaires également groupés par deux, on voit poindre les premières trachées des faisceaux ligneux de la racine ; les éléments vasculaires à développement centripète s'ajoutent à mesure que les éléments ligneux cotylédonnaires diminuent (fig. 7, Pl. XVI).

Structure de la racine. — La racine, d'après ce qui vient d'être dit, est ternaire : elle possède trois faisceaux ligneux qui confluent vers le centre en formant une étoile à trois branches et trois faisceaux libériens alternes bien développés. Il y a quatre assises de cellules à l'écorce et à peu près autant au péricycle ; les premières cutinisent leur membrane de bonne heure ; à ce moment, il n'y a pas trace de canaux sécréteurs opposés aux faisceaux ligneux.

Structure de l'axe épicotylé. — Immédiatement au-dessus des cotylédons, la structure de l'axe se caractérise ; la surface est cannelée et il y a autant de côtes que de rachis phytonnaires au même niveau, c'est-à-dire trois en général ; ces côtes sont des coussinets dans lesquels deux rangées de grandes cellules s'allongent suivant le rayon. Tout le reste du tissu conjonctif de l'écorce et la moelle sont formés par des cellules polyédriques beaucoup plus petites. La moelle est très réduite.

Le cylindre central comprend en général trois faisceaux foliaires F et trois faisceaux anastomotiques A (fig. 11, Pl. XVI) ; leurs relations sont indiquées en course longitudinale (fig. 13, Pl. XVI).

Dans l'écorce, se trouve un cercle de canaux sécréteurs analogue à celui des *Pinus* ; comme il y a en général trois phytons au même niveau et que chaque feuille a deux ca-

naux sécréteurs, il devrait y avoir six canaux sécréteurs dans l'écorce ; ce nombre subit les réductions signalées déjà chez les *Pinus* ; elles sont dues aux mêmes causes, ce qui réduit le nombre des canaux à quatre ou cinq ; ils se montrent immédiatement au-dessus des cotylédons (fig. 9, Pl. XVI, S) ; il peut arriver qu'une feuille soit dépourvue de canal sécréteur ; ce fait a son retentissement dans l'écorce.

Structure des feuilles primordiales. — Les feuilles les plus voisines des cotylédons sont aplaties (fig. 10, Pl. XVI) ; leur mésophylle est homogène ou peu lacuneux ; il n'y a pas d'hypoderme ; les canaux sécréteurs sont situés sous l'épiderme. L'endoderme est complet, le péricycle est peu épais (fig. 10). Ce n'est qu'un peu plus haut que les feuilles deviennent tétragones et acquièrent ainsi la forme caractéristique des *Picea*.

Les modifications que l'on observe dans la structure du *Picea alba* proviennent soit de différences dans le nombre et la disposition des phytons, soit du fonctionnement régulier des zones génératrices ; examinons d'abord les premières.

Si la plantule possède un nombre de cotylédons inférieur ou supérieur à six, le mode d'union de la tige et la course longitudinale des faisceaux subiront les mêmes variations déjà signalées chez les *Pinus* ; mais ce n'est pas tout, les premiers phytons normalement se placent, on l'a vu, dans le plan vertical des faisceaux libériens ; il y a ainsi un premier verticille de trois ; par exception, on en trouve quatre et alors l'axe hypocotylé se trouve posséder quatre foliaires et quatre anastomotiques au lieu de trois ; il suffit de signaler ces faits négligés jusqu'ici ou à peu près pour se rendre compte des particularités que l'on peut rencontrer ; les plantes sont comme les animaux, aucun individu ne ressemble complètement à un autre.

Le fonctionnement des zones génératrices se fait comme chez les *Pinus*, mais nous devons faire une remarque en ce qui concerne les canaux sécréteurs de la racine.

Une première fois, Van Tieghem a admis que les canaux sécréteurs opposés au bois primaire appartenaient à la période secondaire ; dans une note récente (1) il les considère comme péricycliques au même titre que ceux des *Pinus*.

J'ai déjà donné mon sentiment sur la nature des canaux sécréteurs des *Pinus* ; ce sont simplement les premiers formés du système qui existe dans le bois secondaire de la tige et de la racine ; l'apparition très tardive de ces canaux dans la racine terminale des *Picea* ne peut que me confirmer dans ma première opinion, de ne pas les regarder comme péricycliques.

Alors que chez les *Pinus*, ces canaux se montrent peu au-dessous des cotylédons, dans les *Picea*, il faut aller les chercher beaucoup plus bas et on ne les trouve qu'à un moment où la zone génératrice a commencé à fonctionner.

GENRE LARIX

On sait que les Mélèzes portent des feuilles dites feuilles longues à l'extrémité de pousses longues et des feuilles courtes insérées en fascicules à l'extrémité de rameaux courts ; elles sont caduques, tombent tous les ans à l'automne ; elles reposent sur des coussinets comme celles des *Picea*, mais elles sont aplaties ; le mésophylle est différencié en parenchyme, en palissade et en parenchyme rameux ; chaque feuille possède deux glandes très petites qui sont entre les cellules hypodermiques du bord de la

(1) Van Tieghem. Sur la structure primaire et les affinités des Pins. Loc. cit.

feuille et les cellules épidermiques ; les stomates ne se rencontrent qu'à la face inférieure en deux bandelettes symétriquement placées par rapport à la nervure ; les cellules du péricycle dans l'unique faisceau de la nervure sont aréolées, sclérifiées, transformées en fibres (1).

La structure des cotylédons et des feuilles primordiales a été indiquée par Daguillon pour le *Larix europaea* (2) ; nous nous sommes borné, dans cette espèce, à étudier le mode d'union de la tige et de la racine.

1° Larix europaea D. C.

(Pl. XVI, fig. 15-16.)

Dans cette espèce, le nombre des cotylédons varie de cinq à sept ; il semble que le nombre normal soit six; ces cotylédons, en section, ont la forme d'un triangle équilatéral ; le mésophylle est homogène : il renferme, d'après Daguillon, deux canaux sécréteurs aux angles externes. Dans les jeunes plantules que nous avons étudiées, aucun cotylédon ne présentait de canaux sécréteurs, alors qu'ils étaient visibles dans les feuilles primordiales ; comme conséquence directe, l'écorce dans l'axe hypocotylé était également dépourvue de canaux sécréteurs, il y a seulement des tubes sécréteurs sous l'épiderme et dans le péricycle.

Avec cinq, six ou sept cotylédons, la racine terminale est ternaire. Il est inutile de donner les détails du passage de la tige à la racine ; ce serait la reproduction de ce que nous avons dit à propos du *Picea alba*. La fig. 16, Pl. XVI, indique la course longitudinale des faisceaux cotylédonnaires donnant insertion aux trois faisceaux de la racine pour le cas d'une plantule à sept cotylédons.

(1) Bertrand. Loc. cit. p. 90.
(2) Daguillon. Loc. cit. p. 317.

Un peu au-dessous du début de l'assise pilifère, l'endoderme a des plissements radiaux ; l'écorce est à cinq rangs de cellules assez grandes ; le péricycle est constitué par quatre assises de cellules plus petites ; elles ressemblent à celles de la moelle ; les îlots libériens sont mal délimités : le faisceau ligneux, composé de cinq ou six vaisseaux, est normal à ce moment, ils sont largement séparés ; on n'observe pas encore de canal sécréteur au contact de leur première trachée et extérieurement ; il y a seulement à cette place une ou deux cellules qui se distinguent par leur gros noyau ; ce sont elles qui donneront le canal sécréteur ; sa formation est plus tardive que chez les *Pinus*, moins tardive que chez les *Picea* (1).

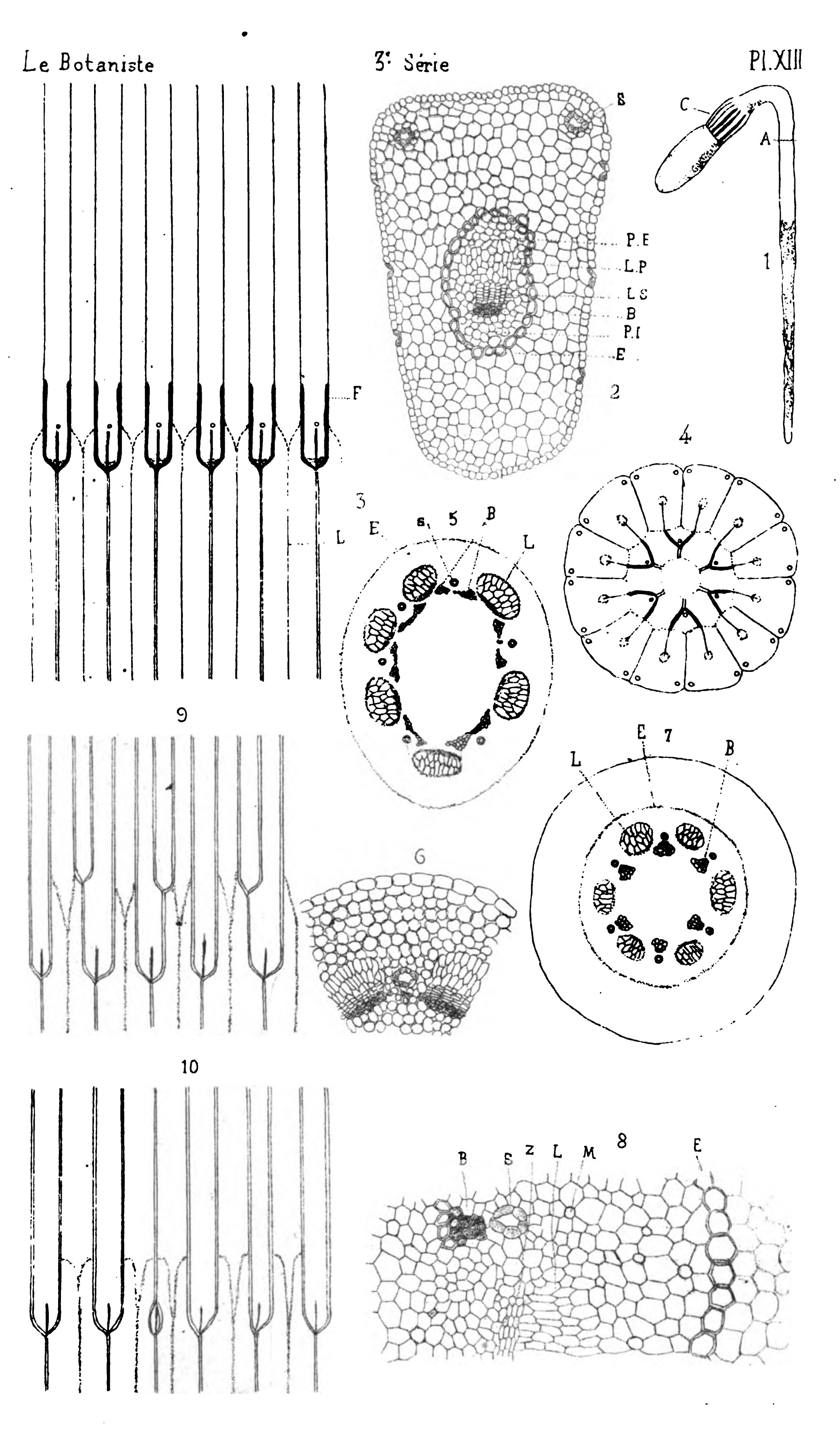
Les feuilles primordiales très jeunes ont un canal sécréteur de chaque côté de la nervure, aux extrémités ; ces feuilles sont aplaties ; leur section est celle d'un triangle surbaissé ; le faisceau procambial est analogue à celui des *Pinus* ; l'endoderme n'est pas encore différencié ; le mésophylle est homogène ; les stomates sont repartis en deux bandelettes à la face inférieure.

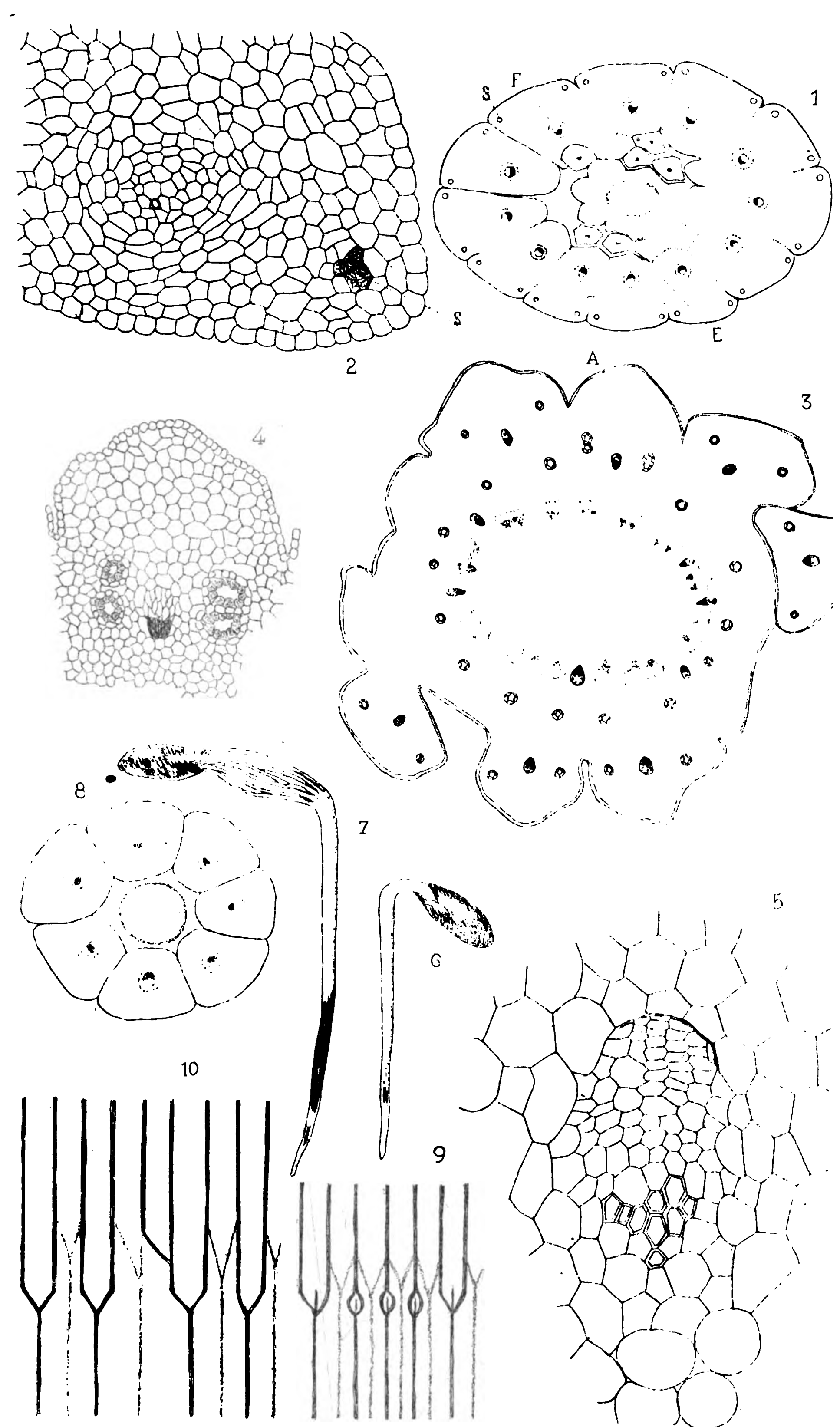
GENRE TSUGA

Les feuilles, excepté chez le *T. Canadensis*, sont à bords lisses ; elles sont persistantes, sessiles, portées sur un coussinet très accentué, couchées sur les rameaux ; deux bandelettes de stomates se trouvent à la face inférieure. Le mésophylle est différencié en parenchyme, en palissade et en parenchyme rameux ; sous la nervure médiane qui ne comprend qu'un seul faisceau se trouve une grosse glande résinifère qui ne pénètre pas dans la tige (2).

(1) Van Tieghem. Sur la structure primaire et les affinités des Pins. Loc. cit.

(2) Bertrand. Loc. cit. p. 87-88.


C
A
1
S
P.E
L.P
L.S
B
P.I
E
2
F
4
3
L
E
S
5
B
L
9
E
7
B
L
6
10
B
S
Z
L
M
8
E


S
F
1
S
E
2
A
3
4
8
7
6
5
10
9

3 L P E 2 B 4 1

F 10 F A 9 A 7 I A 5 C 8

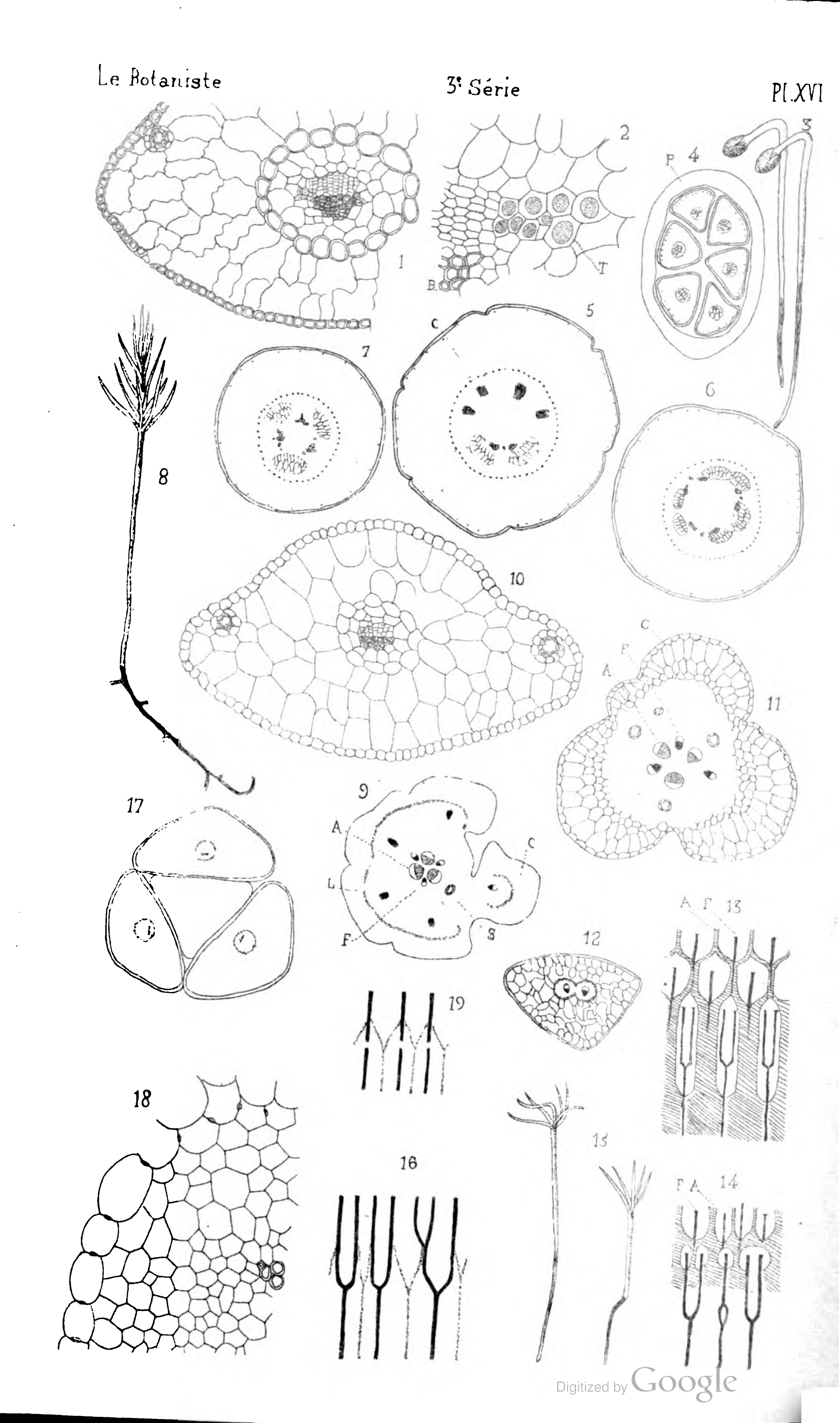
A I F 6

A F S 14

15 A

F 12 F' A

F 11 A 13 A B


1
2
B
T
3
P 4
5
C
6
7
8
9
A
L
F
S
C
10
11
C
F
A
12
13
A F
14
F A
15
16
17
18
19

3e SÉRIE. Septembre 1893.

LE BOTANISTE

DIRECTEUR : M. P.-A. DANGEARD

DOCTEUR ÈS SCIENCES, LAURÉAT DE L'INSTITUT

MAITRE DE CONFÉRENCES DE BOTANIQUE A LA FACULTÉ DE POITIERS

5e FASCICULE

SOMMAIRE

PRIX DE L'ABONNEMENT A LA SÉRIE DE SIX FASCICULES

16 francs pour la France. — **18** francs pour l'Etranger

PARIS
J.-B. BAILLIÈRE
Rue Hautefeuille, 19

LONDRES
DULAU & Co
Soho Square, 37

BERLIN
FRIEDLANDER & SOHN
N. W. Carlstrasse, 11

1° Tsuga Canadensis (L.) Carr.

(Pl. XVI, fig. 17-19.)

Dans ce genre, nous voyons le nombre des cotylédons descendre à trois (fig. 17, Pl. XVI) ; leur section est celle d'un triangle surbaissé ; ils sont dépourvus de canaux sécréteurs, ainsi que l'écorce de l'axe hypocotylé.

Le mode d'union de la tige et de la racine est des plus simples (fig. 19, Pl. XVI); les faisceaux ligneux cotylédonnaires se continuent directement par les faisceaux ligneux de la racine ; les faisceaux libériens cotylédonnaires se divisent en deux moitiés qui se groupent par deux dans l'intervalle pour se continuer par les faisceaux libériens. La racine terminale est donc ternaire ; son péricycle est large (fig. 18, Pl. XVI) ; la présence d'un canal sécréteur axile y a été établie par Van Tieghem, ce qui place la plante dans la tribu des Myélocèles ou Cédrées.

GENREA RAUÇARIA

Les *Araucaria* sont des arbres à feuilles sessiles triangulaires aplaties ou subtétragones, mucronées; ces feuilles reçoivent de la tige un faisceau unique, qui se divise en passant dans l'écorce et va former dans le limbe plusieurs nervures parallèles, excepté chez l'*Araucaria Cunninghami;* le tissu fondamental de ces feuilles est fréquemment différencié en parenchyme rameux et parenchyme en palissade ; il contient des glandes résinifères qui occupent diverses positions suivant les espèces ; ces canaux sécréteurs se retrouvent dans le parenchyme cortical de la tige ; les *Araucaria*, comme les *Pinus*, possèdent donc un système de canaux sécréteurs corticaux.

1

Les stomates sont disposés en files parallèles aux nervures ; ils existent sur les deux faces de la feuille.

Dans les *Araucaria*, les fibres ligneuses, très grosses, ont leurs parois radiales couvertes de plusieurs rangs de ponctuations aréolées ; le bois primaire ou secondaire ne renferme pas de canaux sécréteurs ; le liber primaire a la structure ordinaire ; le liber secondaire est constitué par du parenchyme, des fibres, et des cellules grillagées mélangés ; les grillages ne se voient que dans le liber secondaire âgé, et à ce moment les cellules du parenchyme libérien se boursouflent, se déforment et compriment les autres éléments, les faisant même disparaître ; quelques-unes finissent par se sclérifier (1).

Le liber secondaire renferme un système de canaux sécréteurs.

Araucaria imbricata Pav.

(Pl. XVII, fig. 13-20.)

L'étude des plantules, dans cette espèce, était intéressante surtout à cause de la présence de plusieurs nervures aux cotylédons ; nous avons montré en effet que chez les Dicotylédones, l'influence du mode de nervation des cotylédons sur la structure de la racine principale était très importante (2).

Les graines d'*Araucaria imbricata* sont de la grosseur du doigt ; le tégument se prolonge à une de leurs extrémités en un bord écailleux qui se continue dans sa partie médiane par un petit mucron (fig. 13, Pl. XVII).

La radicule se développe à l'extrémité opposée sous la forme d'un cône ; bientôt, la graine se trouve soulevée par les cotylédons et au-dessous, l'axe se renfle sur une cer-

(1) Bertrand. Loc. cit. p. 117-118.

(2) P.-A. Dangeard. Recherches sur le mode d'union de la tige et de la racine chez les Dicotylédones, loc. cit.

taine longueur (fig. 13-15, Pl. XVII) ; ce renflement forme une sorte de bulbe sur les plantules qui ont développé leur tige et leurs premières feuilles (fig. 16, Pl. XVII) ; les particularités intéressantes que présente la germination des espèces dans ce genre ont été très bien indiquées par Heckel (1).

Les plantules ont deux cotylédons très larges, pourvus de plusieurs nervures parallèles ; il existe quelquefois trois cotylédons ; par exception, la graine renferme deux embryons (fig. 17, Pl. XVII).

Structure des cotylédons. — La section des cotylédons a la forme d'un demi-cercle ; le tissu fondamental est homogène ; l'exoderme n'est pas différencié d'une façon spéciale ; les stomates existent sur les faces interne et externe ; les faisceaux des nervures au nombre de sept dans la section que nous étudions sont d'inégale importance ; leur contour est arrondi et le bois est étalé sur la face interne ; la zone génératrice s'y développe, donnant surtout du liber secondaire; la non-différenciation de l'endoderme ne permet pas de délimiter le péricycle. Dans chaque cotylédon, on trouve un cercle de canaux sécréteurs, au nombre de vingt à trente ; ils sont séparés de l'épiderme par un nombre variable de cellules, de deux à quatre environ ; en approchant de l'axe hypocotylé, ces canaux sécréteurs disparaissent à la face interne ; en même temps, les faisceaux cotylédonnaires se réunissent tangentiellement en un faisceau unique ; nous arrivons à l'axe hypocotylé.

Structure de l'axe hypocotylé. — Dans le cas de deux cotylédons, chaque large faisceau cotylédonnaire, provenant de la réunion tangentielle des faisceaux des nervures, se courbe en deux branches formant un V à pointe externe;

(1) Edouard Heckel. La germination des graines d'*Araucaria Bidwilli* (Annales de la Faculté des sciences de Marseille, T. II, fasc. VI).

il se divise ainsi en deux faisceaux qui s'écartent et restent distincts ; plus bas, en se rapprochant, ils donnent insertion à un faisceau de racine (fig. 20, Pl. XVII) ; avec des plantules à trois cotylédons, la racine sera naturellement ternaire ; la section de l'axe hypocotylé aura dans le premier cas quatre faisceaux distincts groupés par deux; dans le second cas, elle en aura six, en trois groupes de deux.

Dans le renflement, chacun des faisceaux oriente son bois B radialement : le liber L reste extérieur à chaque lame ligneuse (fig. 19, Pl. XVII) ; la zone génératrice y fonctionne, produisant surtout du liber secondaire ; les canaux sécréteurs des cotylédons se continuent dans l'axe hypocotylé, à quelque distance de l'épiderme : leur nombre peut dépasser quatre-vingts; ils rappellent exactement ceux de certains *Pinus* ; moelle, péricycle et écorce sont très larges ; un second système de canaux sécréteurs existe dans le péricycle ; ils sont au nombre d'une vingtaine ; les uns sont directement opposés au liber primaire des faisceaux ; les autres occupent les larges intervalles qui les séparent (fig. 19, Pl. XVII).

En descendant vers la racine, au-dessous du renflement, on constate que la production des vaisseaux s'accuse en ordre centripète ; les deux lames ligneuses radiales, d'abord éloignées l'une de l'autre, se rapprochent au contact; il en est de même des faisceaux libériens, ce qui donne lieu à une racine binaire.

Structure de la racine. — La racine est en général binaire ; extérieurement, l'écorce comprend trois ou quatre assises de cellules plus petites cutinisées; viennent ensuite huit ou neuf assises de cellules plus grandes, polyédriques, puis l'endoderme plissé ; quelques-unes des assises les plus voisines ont des cadres d'épaississement sur les faces radiales des cellules ; dans le reste de l'écorce, les épais-

sissements lignifiés se retrouvent sur les parois tangentielles.

Le cylindre central comprend deux faisceaux ligneux et deux faisceaux libériens ; les faisceaux ligneux, formés d'une ou deux files de vaisseaux et par conséquent très étroits, débutent à une assez grande distance de l'endoderme ; ils ne se rejoignent pas tout d'abord au centre, ils sont séparés des faisceaux libériens par deux assises de cellules ; la zone génératrice s'établit dans l'assise externe ; les canaux sécréteurs se retrouvent dans le péricycle ; celui-ci a une épaisseur de trois ou quatre assises, en face des faisceaux ligneux ; son épaisseur est plus grande en face les faisceaux ligneux. Les canaux sécréteurs corticaux que nous avons rencontrés dans l'axe hypocotylé, manquent dans la racine où l'écorce primaire s'exfolie jusqu'à l'endoderme, comme chez les autres Conifères.

Non loin des *Araucaria*, on place les genres *Stachycarpus, Dammara, Podocarpus* ; il sera fort intéressant d'étudier la plantule dans ces divers genres ; nous prévoyons des résultats importants.

Van Tieghem, donnant l'anatomie des *Stachycarpus* montre les affinités de ce genre avec les *Araucaria* et les *Dammara* qui possèdent, eux aussi, des canaux sécréteurs dans le péricycle de la racine ; d'un autre côté, ces deux derniers genres par leur ovule unique et renversé se rapprochent des *Podocarpus* qui eux-mêmes, comme les *Stachycarpus*, possèdent des canaux sécréteurs dans le péricycle de la feuille.

Voici comment Van Tieghem s'exprime au sujet de ces genres ; on peut :

« Ou bien conserver les *Stachycarpus* dans les Taxinées, en les plaçant en tête de la série, avant les *Podocarpus*, tandis que les Abiétinées finiront tout près par les *Araucaria* et *Dammara*. Ou bien faire passer les *Stachycarpus* dans

les Abiétinées, à la suite des *Araucaria* et *Dammara* avec lesquels ils constitueront la sous-tribu des Araucariées, la série des Taxinées commençant tout près par les *Podocarpus*. Ou bien remonter en même temps les *Stachycarpus* et les *Podocarpus* dans les Abiétinées, à la suite des *Araucaria* et *Dammara*, en commençant la série des Taxinées par les *Dacrydium*. Ou bien enfin, ériger les quatre genres *Araucaria*, *Dammara*, *Stachycarpus* et *Podocarpus*, sous le nom d'Araucariées ou de Podocarpées, en une tribu distincte caractérisée par l'ovule unique et renversé, intermédiaire entre les Abiétinées et les Taxinées.

De ces quatre solutions, la seconde est la plus conforme à la structure, celle qui satisfait le mieux l'anatomie ; elle a l'inconvénient de séparer peut-être un peu trop les *Stachycarpus* des *Podocarpus*. La troisième pourra paraître préférable en ce que, tout en n'écartant pas les *Stachycarpus* des *Podocarpus*, elle permet de définir les Abiétinées par l'ovule renversé et de limiter, par conséquent, ces deux tribus avec plus de simplicité et de précision qu'il n'a été fait jusqu'ici. La structure du pollen, qui est, comme on sait, muni d'ampoules latérales chez les *Stachycarpus* et les *Podocarpus*, tout aussi bien que chez les Abiétinées, plaide encore en sa faveur. La quatrième offre à peu près les mêmes avantages que la troisième. La première, qui est la plus conforme à la tradition généralement adoptée, est la moins bonne de toutes; elle ne satisfait, en effet, ni l'anatomie, puisqu'elle écarte les *Stachycarpus* des *Araucaria* et *Dammara*, ni la Morphologie externe, puisqu'elle laisse deux genres à ovule renversé et à pollen ampullifère dans une tribu dont les autres genres ont l'ovule dressé et le pollen normal (1). »

A la suite de ce lumineux exposé, je voudrais faire en-

(1) Van Tieghem. Affinités des *Stachycarpus* (Bullet. Société Botanique, n° 3, 1891).

trevoir tout le parti que l'on pourrait tirer en pareil cas de la considération des phytons ; faute d'avoir eu les plantules de ces genres à ma disposition, je serai forcé d'émettre quelques suppositions ; on verra si les études ultérieures les vérifieront.

Les *Stachycarpus* ont des canaux péricycliques à la racine; ils en ont également dans leurs phytons foliaires ; *à priori*, je présume que ces mêmes canaux se retrouvent dans les phytons cotylédonnaires.

De ce genre se détachent les *Araucaria* qui ont également des canaux péricycliques à la racine ; mais dans le phyton cotylédonnaire, ils sont en voie de disparition; dans l'*Araucaria imbricata*, par exemple, nous n'en trouvons guère que dans le rachis, et à la base du limbe ; des canaux corticaux y apparaissent en grand nombre ; dans les phytons foliaires, il n'y a plus que des canaux corticaux.

C'est à ce niveau que se détachent les Abiétinées, par exemple, avec le genre *Pinus*, où les phytons foliaires et les phytons cotylédonnaires n'ont plus que des canaux corticaux.

D'un autre côté, les *Podocarpus* s'éloignent des *Stachycarpus* ; la racine est dépourvue de canaux sécréteurs péricycliques ; il me parait probable que la disparition de ces canaux sécréteurs doit débuter dans les phytons cotylédonnaires; mais ils existent dans les phytons foliaires ; dans le *Podocarpus Thunbergii*, le phyton foliaire montre en plus deux canaux corticaux; cette espèce établit probablement ainsi le passage aux *Ginkgo* et par là aux Taxinées.

CHAPITRE II.

CONIFÈRES RECTIOVULÉES.

Ce groupe se divise en deux tribus: Cupressées et Taxées, nous commencerons par le premier.

Dans les Cupressées, les feuilles sont en général petites, sessiles, triangulaires ; l'organisation phytonnaire se voit avec la plus grande netteté, grâce aux décurrences bien marquées des rachis qui constituent les axes ; ces axes ou rameaux sont fréquemment aplatis ; par exception (*Juniperus communis*, *Callitris Macleyana*, etc.), les feuilles sont allongées, en forme d'aiguilles ; ces feuilles sont le plus souvent verticillées par deux, plus rarement par trois ou quatre, quelquefois disposées en spirale. Il n'y a jamais qu'une seule nervure foliaire et, entre le faisceau de cette nervure et l'épiderme de la face externe du limbe, se trouve un canal sécréteur ; le tissu fondamental est peu différencié; la plupart des cellules exodermiques se transforment en fibres à paroi épaisse, et de chaque côté du faisceau est un tissu particulier dit *tissu de transfusion*, sur lequel nous donnerons plus loin quelques détails. La disposition des stomates est très variable : elle est différente d'une feuille à l'autre.

La structure du système libéro-ligneux se rapproche beaucoup de celle des *Taxus* ; les fibres ligneuses n'ont pas cependant ces épaississements spiralés qui ornent la paroi des trachéides chez les *Taxus* ; le liber secondaire se compose d'une succession de parenchyme libérien, cellu-

les grillagées, fibres libériennes, cellules grillagées ; dans beaucoup de Cupressées, des canaux sécréteurs se forment dans le liber secondaire (1).

D'après Bertrand, il n'y a pas lieu de rechercher les caractères que la structure anatomique des Cupressinées peut fournir pour différencier les genres et les espèces.

Nous allons maintenant étudier quelques plantules, appartenant à divers genres de Cupressées.

GENRE CUPRESSUS.

Les feuilles sont, en général, verticillées par deux ; on ne saurait choisir de meilleur type pour comprendre l'organisation phytonnaire d'une plante, les rachis restant presque indépendants dans l'axe, ce qui fait souvent dire que les feuilles sont appliquées sur les rameaux.

Les stomates se rencontrent sur la face externe des feuilles : il y a une tendance très prononcée sur toute cette face à la formation d'un parenchyme en palissade ; en effet, sous l'assise exodermique différenciée en fibres de sclérenchyme, une assise au moins de parenchyme allonge ses cellules perpendiculairement à la surface ; le reste du tissu fondamental est un parenchyme chlorophyllien accompagné de grandes cellules incolores ; au milieu de ce parenchyme, dans l'angle médian, se trouve un canal sécréteur à diamètre très grand ; nous avons quelquefois rencontré, par exception, deux canaux sécréteurs dans la même feuille, symétriquement placés à droite et à gauche (*Cupressus Lawsoniana*).

Le faisceau foliaire présente de chaque côté deux ailes vasculaires dont la nature va nous arrêter un instant.

Le faisceau foliaire des Conifères est fréquemment accompagné de chaque côté par un tissu aréolé ou réticulé

(1) Bertrand. Loc. cit., p. 134-138.

qui s'étend latéralement jusqu'à l'endoderme, et le dépasse parfois : ce tissu a été vu pour la première fois par *Thomas* dans les *Podocarpus macrophylla, chilina, chinensis* (1); un peu plus tard, H. de Mohl l'étudie dans les *Podocarpus neriifolia, macrophylla* (2); Bertrand distingue ce tissu en tissu réticulé s'étendant jusqu'à l'endoderme et tissu de transfusion (H. de Mohl) allant de l'endoderme plus ou moins profondément dans le tissu fondamental ; dans le cas particulier des Cupressées, il considère cette forme de tissu comme intermédiaire entre le *tissu réticulé* et le *tissu aréolé* (3) ; De Bary a figuré plusieurs caractères de ce tissu (4).

Récemment Zimmermann (5) et Schoit (6) se sont également occupés de ce sujet ; enfin Van Tieghem propose de conserver le nom de *tissu de transfusion* à la partie qui va du faisceau à l'endoderme, et d'appeler *tissu d'irrigation* l'aile vasculaire qui s'étend plus ou moins loin dans le parenchyme (7) : ce savant pense que ces « deux tissus et l'endoderme qui les sépare servent à transmettre latéralement la sève ascendante depuis le bois du faisceau libéroligneux jusqu'au tissu palissadique du bord du limbe ».

Dans les Cupressées, l'endoderme étant mal différencié, la démarcation est impossible ; mais ce tissu y présente des caractères remarquables ; le *Cupressus Lawsoniana* fournit un bon type d'études.

Dans le faisceau foliaire, le bois est très réduit et de bonne heure, ses trachées et vaisseaux grêles sont hors de service ; il ne reste donc, pour établir la circulation de la

(1) Fr. Thomas. Loc. cit. p. 37.
(2) H. de Mohl. Ueber Morphologie der Blattern *Sciadopitys verticillata* (Bot. Zeitung, 1871).
(3) Bertrand. Loc. cit. p. 62 et p. 136.
(4) A. de Bary. Vergleichende Anatomie, fig. 183, 184.
(5) Zimmermann. Flora 1880.
(6) Scheit. Jenaische Zeitschrift, XVI, 1883.
(7) Van Tieghem. Structure et affinités des *Stachycarpus* (Bulletin Société Botanique de France, 1891, n° 3, p. 170).

sève ascendante, que quelques trachéides peu nombreux ; c'est sans aucun doute à cette insuffisance prématurée du faisceau ligneux qu'est dû le grand développement de ce tissu ; examinons d'abord sa structure et sa disposition, nous essaierons ensuite d'établir son rôle.

Structure du tissu de transfusion et du tissu d'irrigation. — Lorsque le faisceau foliaire quitte le cylindre central, les deux ailes vasculaires sont très développées ; les cellules qui les composent, sont polyédriques à parois lignifiées couvertes d'aréoles ; ces ailes suivent à quelque distance le bord interne de chaque phyton ; mais, avant d'accompagner le faisceau dans le limbe, elles se recourbent sous le sillon qui les sépare pour s'unir avec l'aile correspondante de la feuille opposée. Nous devons donc remarquer déjà que les *deux feuilles opposées avant de se séparer sont en communication directe par ce pont vasculaire qui s'établit sous le sillon* ; d'autres communications s'établissent avec les feuilles supérieures ; voici comment :

Le pont vasculaire situé sous le sillon est à un niveau donné complètement séparé par du parenchyme chlorophyllien, du tissu vasculaire analogue voisin du cylindre central ; chacune de ces moitiés s'écartant beaucoup se mettra en relation avec le tissu de transfusion de chaque faisceau foliaire des deux feuilles du verticille supérieur ; ainsi donc le *tissu de transfusion établit aussi une communication directe d'un verticille à l'autre, sans l'intermédiaire du cylindre central* ; *la communication se fait de même entre une branche et son rameau* ; nous pouvons maintenant essayer de comprendre le rôle de ce tissu.

Rôle du tissu de transfusion. — On sait que, chez les animaux, si l'on vient à ligaturer un des vaisseaux, la circulation se fait quand même ; d'autres vaisseaux prennent plus d'importance : il s'établit une compensation. Le tissu de transfusion représente, il me semble, quelque chose

d'analogue ; le faisceau ligneux, incapable de remplir son rôle, est suppléé par le tissu de transfusion qui établit dans les rameaux supérieurs de la plante une circulation de la sève ascendante presque indépendante et en tout cas fort remarquable. Et, pour généraliser, il serait sans doute possible de montrer que, dans les divers genres, le plus ou moins grand développement de ce tissu est en relation avec la nature du faisceau ligneux ; si le faisceau foliaire a des trachéides nombreux, le besoin du tissu de transfusion se fera moins sentir et la communication indépendante d'un phyton à l'autre ne sera nullement nécessaire ; si, au contraire, le nombre des éléments ligneux est faible, si leur cavité se trouve obstruée de bonne heure, le tissu de transfusion deviendra nécessaire avec circulation indépendante, comme chez les *Cupressus*.

1° **Cupressus funebris** Endl.

(Pl. XVI, fig. 1-4'.)

Nous n'avons eu à notre disposition que de très jeunes plantules (fig. 1, Pl. XVI) ; aussi, nous nous bornerons à constater le mode d'insertion des faisceaux de la racine. Les deux faisceaux cotylédonnaires ligneux descendent verticalement et, sans se diviser, donnent insertion chacun à un faisceau ligneux de racine ; les faisceaux libériens cotylédonnaires se divisent en deux et chaque moitié se réunissant à celle du côté opposé, forme un faisceau libérien unique qui se continue par celui de la racine (fig. 2-4'); dans chaque massif ligneux (fig. 4), le développement des vaisseaux ne devient nettement centripète qu'à partir du collet.

2° **Cupressus Corneyana** Hort.

(Pl. XVI, fig. 5-9.)

Les plantules de cette espèce ont été étudiées à l'état représenté fig. 5, Pl. XVI ; un certain nombre de feuilles primordiales étaient développées, ces feuilles présentent dans leur disposition sur la tige des caractères particuliers; ainsi au-dessus de deux cotylédons allongés, se trouvent insérées les deux premières feuilles ; mais elles sont si rapprochées des deux cotylédons qu'elles paraissent former avec ces derniers un verticille de quatre feuilles ; vient ensuite un entre-nœud, surmonté par un verticille de quatre feuilles ; elles sont opposées en croix avec les deux cotylédons et les deux premières feuilles ; un peu plus haut, un second verticille de quatre feuilles alterne avec le précédent (fig. 5-6, Pl. XVI) ; ces feuilles sont aciculaires, aplaties, les quatre rachis phytonnaires s'accusent à la surface de la tige par des décurrences, ce qui rend la section de l'axe quadrangulaire.

Structure des cotylédons. — Les cotylédons sont dépourvus de canaux sécréteurs ; les stomates se trouvent sur la face interne ; sous l'épiderme, il y a quelques rares fibres exodermiques ; le faisceau médian n'est pas entouré d'un endoderme caractérisé ; son bois et son liber secondaires sont bien développés ; le tissu fondamental est homogène.

La racine est binaire et le mode d'union de la tige et de la racine se fait comme dans l'espèce précédente.

Dans l'axe hypocotylé, au stade considéré, il existe quelques fibres exodermiques sous l'épiderme ; l'écorce est réduite à quatre ou cinq assises de larges cellules : l'endoderme s'est cloisonné un certain nombre de fois ; le péricycle est peu épais ; le liber secondaire, large, régulier, présente seulement dans sa partie externe des fibres libé-

riennes; tout le reste du cylindre central est lignifié jusqu'au centre.

Il nous reste à étudier le développement de l'axe épicotylé et de ses premières feuilles.

Structure de l'axe. — La section de l'axe intéresse quatre rachis phytonnaires, nettement délimités extérieurement par quatre sillons (fig. 7, Pl. XVI); leur partie médiane proémine en formant un angle à l'intérieur duquel se trouve logé un canal sécréteur séparé de l'épiderme par une gaine de cellules : l'exoderme est différencié en fibres; un groupe de ces fibres se trouve de chaque côté du canal, un autre au voisinage des sillons. Le cylindre central comprend quatre faisceaux foliaires F et quatre faisceaux anastomotiques A (fig. 7, Pl. XVI) ; il n'y a pas d'endoderme; la moelle est étroite, à cellules petites; l'écorce a une partie médiane comprenant de grandes cellules ; elle se continue par des cellules plus petites du côté de l'écorce et du côté de la moelle.

Immédiatement au-dessus des cotylédons, l'axe, ne comprenant que deux phytons, ne possède que deux canaux sécréteurs, deux foliaires et deux anastomotiques.

En avançant vers la partie supérieure d'un entre-nœud, on voit le sillon se bifurquer ; l'angle de bifurcation correspond à l'angle médian des phytons du verticille supérieur; aussi voit-on apparaître à ces angles un canal sécréteur; on est arrivé au point de séparation des feuilles.

Les relations des faisceaux foliaires et anastomotiques dans la plantule sont indiquées en course longitudinale (fig. 8, Pl. XVI).

Structure des feuilles. — Les quatre feuilles, près du point d'insertion, ont la forme indiquée fig. 9; plus loin, la section s'élargit un peu. Les stomates, d'abord localisés sur la face interne, se montrent plus loin également sur

la face inférieure ou externe; le faisceau a un endoderme complet; une ou deux cellules endodermiques aréolées représentent seules ici le tissu de transfusion. Le mésophylle, vers les parties moyennes et supérieures, est palissadique sur sa face interne; il est rameux sur l'autre face; en approchant de l'axe, le parenchyne rameux se trouve remplacé par des cellules chlorophylliennes mélangées à de grandes cellules incolores; en général, de chaque côté du canal sécréteur, se trouve un groupe de fibres exodermiques; deux occupent les ailes, et sur l'autre face, il en existe encore deux autres opposés aux premiers.

3° **Cupressus Lindleyi** Klotsch.

(Pl. XVI, fig. 11-16.)

Le phyton, dans cette espèce, est à peu près identique à celui de l'espèce précédente, mais leurs rapports différents de position entraînent des modifications de structure dans l'axe et dans la racine; le point de départ de ces modifications est le nombre trois des cotylédons.

La plantule possède trois cotylédons (fig. 11, Pl. XVI); un peu plus tard, les trois premières feuilles étant situées presque au même niveau, il semble qu'il y ait six cotylédons (fig. 12, Pl. XVI); on distinguera toujours les cotylédons à leurs dimensions plus grandes; le second verticille de feuilles est superposé aux cotylédons, mais l'entre-nœud, ainsi que ceux qui suivent, est assez allongé.

La présence de trois cotylédons détermine trois faisceaux à la racine, chacun des faisceaux se comportant comme chez les précédentes espèces; dans une partie de l'axe hypocotylé, l'endoderme n'est pas muni de plissements, l'écorce est épaisse de sept ou huit assises de cellules; plus bas, en arrivant à la racine, l'endoderme est bien diffé-

rencié (fig. 14, Pl. XVI), et les assises corticales voisines de l'endoderme ont des cadres d'épaississement.

Immédiatement au-dessus des cotylédons, la tige montre trois canaux sécréteurs qui passent dans le premier verticille; la section d'un entre-nœud est triangulaire (fig. 15, Pl. XVI) et on y trouve trois foliaires et trois anastomotiques; les relations de ces faisceaux sont établies pour la plantule tout entière (fig. 17, Pl. XVI); comme chaque anastomotique peut être divisé en deux, il en résulte que la section peut offrir trois foliaires et six anastomotiques.

La structure des feuilles rappelant étroitement celle du *Cupressus Corneyana*, il est inutile de s'y arrêter (fig. 16, Pl. XVI); nous dirons seulement que nous y avons trouvé un plus grand développement du tissu de transfusion qui se met nettement en rapport direct avec le bois du faisceau.

GENRE ACTINOSTROBUS

Dans ce genre, les phytons foliaires sont disposés par verticilles de trois; aussi, on aurait pu croire que les plantules possédaient trois cotylédons normalement; cependant, dans nos semis, nous avons rencontré des plantules ayant soit deux, soit trois cotylédons.

Actinostrobus pyramidalis Miq.

(Pl. XVI, fig. 18-19.)

Le plus grand nombre des plantules possédait deux cotylédons (fig. 18, Pl. XVI); ils ont un faisceau très large qui n'est accompagné que d'une ou deux cellules aréolées, et encore ces dernières manquent-elles fréquemment; l'endoderme n'est pas différencié; on peut cependant attribuer ces cellules aréolées au tissu de transfusion; il existe des stomates sur les deux faces; ils sont plus nombreux à la face interne.

Dans l'axe hypocotylé, les deux cordons ligneux descendent directement, éloignés l'un de l'autre par un large intervalle (fig. 19, Pl. XVI); ils se continuent directement par les faisceaux de la racine ; à la face interne des deux faisceaux libériens, se trouvent de petites cellules hexagonales dans lesquelles s'établira la zone génératrice ; le péricycle est double en général ; l'endoderme n'offre des plissements qu'à partir du voisinage du collet ; l'écorce a une épaisseur de huit ou neuf assises de cellules.

Si la plantule possède trois cotylédons, la racine est ternaire, chacun des faisceaux ligneux cotylédonnaires se continuant directement par un faisceau ligneux de racine, alors que les faisceaux libériens se divisent en deux moitiés qui s'unissent deux par deux dans l'intervalle.

GENRE THUIA

Ce genre comprend les *Thuia* proprement dits et les *Biota*; un grand nombre de variétés du *Biota orientalis* sont cultivées en Europe. Eichler place à côté des *Thuia*, les *Thuiopsis* et les *Libocedrus* (1) ; dans le *Libocedrus chilensis End.* il n'y a guère, de chaque côté du faisceau foliaire, que du tissu de transfusion ; dans le *Thuiopsis dolabrata*, il en est autrement : au tissu précédent, s'ajoute une bande de tissu d'irrigation qui atteint presque, au niveau de l'insertion du limbe, les deux bords de la feuille ; il est formé de tissu aréolé ; enfin, dans le *Biota orientalis*, ce tissu prend encore un plus grand développement ; il rappelle par sa disposition et sa structure celui des *Cupressus*, avec circulation indépendante.

Nous devons remarquer que le phyton chez le *Thuiopsis dolabrata* nous a présenté une particularité qui semble avoir passé jusqu'ici inaperçue ; à la partie supérieure des

(1) Eichler. Loc. cit., p. 95.

branches, les rameaux sont très aplatis et les phytons n'y présentent, comme chez les autres Cupressées, qu'un canal sécréteur cortical opposé au faisceau foliaire; plus bas, les rameaux sont presque arrondis ; à ce niveau, les phytons possèdent trois ou cinq canaux sécréteurs ; dans le premier cas, le canal sécréteur médian est accompagné de deux canaux sécréteurs, situés à quelque distance ; dans le second cas, il existe en outre un canal sécréteur situé plus ou moins loin du bord du limbe ; faut-il voir dans ce caractère une affinité plus ou moins proche des *Thuiopsis* avec les Araucariées ? Je me borne à signaler le fait intéressant en lui-même, puisqu'il semble unique jusqu'ici, sans en tirer aucune conséquence ; ces canaux sécréteurs appartiennent à l'ensemble du phyton ; autrement dit, ils se continuent du limbe dans l'écorce.

Thuia orientalis L.

(Pl. XVII, fig. 1-4.)

Dans la plantule, nous avons étudié les stades représentés fig. 1, 2, Pl. XVII. Les cotylédons sont bien développés ; leur section est large (fig. 3, Pl. XVII) ; le mésophylle est homogène ; le faisceau foliaire est très aplati ; de chaque côté du bois, on trouve une aile vasculaire à cellules aréolées-réticulées qui ne représente guère que le tissu de transfusion ; l'endoderme n'est pas délimité; il existe de nombreux stomates à la face interne.

L'écorce de l'axe hypocotylé est épaisse d'une dizaine d'assises de cellules ; l'endoderme à la partie supérieure y est mal délimité ; on peut dire cependant que le péricycle n'est formé que de deux ou trois assises ; en passant dans l'axe hypocotylé, le faisceau cotylédonnaire se courbe en forme de V à pointe externe, de telle sorte que les deux moitiés libériennes sont isolées de très bonne heure, alors que les deux moitiés ligneuses restent réunies ; les deux

moitiés libériennes se portant vers l'intérieur de la tige se réunissent à celles du côté opposé, pour se continuer directement ensuite par le faisceau libérien de la racine ; pendant ce temps, les deux branches ligneuses du V se rapprochent suivant le diamètre ; c'est à ce moment que s'insère le faisceau ligneux de la racine qui ne présente rien de particulier.

Dans l'axe épicotylé, les deux premières feuilles sont opposées aux cotylédons ; le faisceau foliaire, même sur les très jeunes feuilles que nous avons étudiées, présente du tissu de transfusion ; les quatre feuilles qui suivent s'insèrent entre les cotylédons et les deux premières feuilles, comme s'il s'agissait simplement de feuilles verticillées par quatre ; cette disposition est indiquée (fig. 4, 5, Pl. XVII).

Les Taxées comprennent, d'après Eichler (1), les genres *Phyllocladus*, *Ginkgo*, *Cephalotaxus*, *Torreya*, *Taxus* ; ces trois genres sont caractérisés par Bertrand de la manière suivante (2).

Taxus. — Pas de glande résinifère dans le parenchyme herbacé, cellules de l'épiderme de la tige à parois minces ; pas d'hypoderme, ni de sclérite ; fibres libériennes très lentes à s'épaissir ; le liège primaire apparaît dans le parenchyme herbacé. — Feuilles sans glande résinifère ; cellules de l'épiderme à parois minces, mamelonnées dans les bandelettes, pas d'hypoderme ; les bords de la feuille portent de très petites saillies.

Torreya. — Des glandes résinifères dans le parenchyme herbacé ; cellules de l'épiderme de la tige à parois épaisses,

(1) Eichler. Loc. cit.
(2) Bertrand Loc. cit., p. 56-57.

pas d'hypoderme, des sclérites ; fibres libériennes s'épaississant rapidement ; le liège primaire apparait entre l'épiderme et le parenchyme herbacé. — Feuilles avec une grosse glande médiane sous la nervure ; cellules de l'épiderme à parois épaisses ; celles des bandelettes ont leurs parois minces et sont mamelonnées ; pas d'hypoderme ; les bords de la feuille sont lisses.

Cephalotaxus. — Des glandes résinifères dans le parenchyme herbacé ; cellules de l'épiderme de la tige à parois minces ; de l'hypoderme, des sclérites ; fibres libériennes s'épaississant très rapidement ; le liège primaire apparait dans le parenchyme herbacé. Feuilles munies d'une petite glande médiane sous la nervure ; cellules de l'épiderme à parois minces, lisses ; de l'hypoderme ou des fibres pseudolibériennes ; les bords de la feuille sont lisses.

Van Tieghem, qui vient de signaler un canal sécréteur médullaire axile dans les *Cephalotaxus*, établit la parenté étroite de ce genre avec les *Ginkgo* : « en effet, dit-il, le *Ginkgo* a, dans l'écorce de sa tige et de sa feuille, des poches sécrétrices ovales ou fusiformes, représentant les canaux corticaux des *Cephalotaxus*, et surtout il possède, dans la moelle de sa tige, deux canaux sécréteurs, par où il se distingue de toutes les autres Conifères, mais en même temps se rapproche singulièrement des *Cephalotaxus* (1) ».

Nous avons cherché à nous faire une opinion personnelle au sujet des divergences d'opinion qui se sont manifestées relativement à la nature des canaux sécréteurs ou poches sécrétrices des *Ginkgo*.

« M. Van Tieghem a décrit les glandes résinifères du *Salisburia* comme formant un double système de canaux, les uns corticaux, les autres médullaires ; ces glandes sont de courtes lacunes closes de tout côté et qui ne sortent

(1) Van Tieghem. Affinités des *Cephalotaxus*. Loc. cit., p. 189.

pas de la tige ; elles sont en outre absolument indépendantes les unes des autres et n'ont rien de commun avec les réservoirs glanduleux que nous allons voir dans les feuilles (1). »

La réponse est toute récente : « Contrairement à la description que j'en ai donnée le premier, M. Bertrand a affirmé plus tard que ce sont, non des canaux continus, mais « des glandes résinifères closes très courtes ». L'examen de nouvelles coupes longitudinales, où les canaux s'étendent sans discontinuité dans toute la longueur des entre-nœuds dans les rameaux longs, m'oblige à maintenir mon ancienne manière de voir (2) ».

Voici ce que nous avons observé sur des échantillons pris au Jardin botanique de Poitiers : Les poches sécrétrices qui se trouvent dans l'écorce de la tige et dans la feuille appartiennent à un même système d'éléments sécréteurs ; dans la moelle, ce sont également des *poches sécrétrices* et nous n'y avons pas trouvé la disposition régulière indiquée par Van Tieghem, *deux canaux situés de part et d'autre de l'axe* ; selon les niveaux, il y avait absence complète d'éléments sécréteurs, une seule poche sécrétrice ou bien deux ; en approchant du point végétatif d'un rameau court, nous avons même trouvé au même niveau cinq poches sécrétrices ; par contre, chez les *Cephalotaxus*, il y a bien un canal sécréteur médullaire, axile, unique, comme l'a établi Van Tieghem.

Nous n'avons eu à notre disposition, dans ce groupe, que les plantules du *Taxus baccata*.

GENRE TAXUS

Ce genre est caractérisé, on le sait, par l'absence complète de canaux sécréteurs ou poches sécrétrices dans

(1) Bertrand. Loc. cit., p. 32.
(2) Van Tieghem. Affinités des *Cephalotaxus*. Loc. cit., p. 189.

toutes les parties de l'individu ; de plus, les trachéides ont, sur leur paroi, des épaississements spiralés très marqués. Le liber secondaire est constitué par une succession de parenchyme libérien, de cellules grillagées et de fibres libériennes, analogue à celle des Cupressées.

Le mésophylle de la feuille comprend du parenchyme rameux et du parenchyme en palissade ; le faisceau de la feuille est accompagné d'une aile vasculaire réticulée qui représente le tissu de transfusion.

Taxus baccata Tourn.

(Pl. XVII, fig. 6-12.)

Il est facile de se procurer de jeunes germinations de cette espèce, qui a été étudiée un grand nombre de fois ; le parcours des faisceaux primaires a été indiqué d'abord par Frank, puis par Geyler, enfin par Strasburger (1).

Structure des cotylédons. — Les deux cotylédons sont foliacés, bien développés (fig. 6, Pl. XVII), avec une seule nervure médiane (fig. 11, Pl. XVII) ; le faisceau qui la constitue, est très aplati et possède la structure ordinaire. On doit remarquer toutefois la présence de vaisseaux réticulés qui forment bordure dans le péricycle interne à l'assise de parenchyme représentant sans doute l'endoderme : ces vaisseaux ne forment pas une assise continue ; ils peuvent être séparés les uns des autres par des cellules ordinaires ; l'ensemble se met en relation de chaque côté avec le bois du faisceau : c'est la première fois que nous trouvons ainsi disposé du tissu de transfusion dans les cotylédons, et comme l'observation n'est pas générale, nous avons dû nous demander si ce n'était point là une particularité de l'endoderme interne. Le mésophylle est homogène ; mais l'épiderme est mamelonné.

(1) Strasburger. Das Botanische Practicum. 2e édit., p. 276.

Structure de l'axe hypocotylé. — Au moment où les cotylédons deviennent concrescents pour former l'axe hypocotylé, le faisceau cotylédonnaire se courbe en forme de V à pointe tournée vers l'extérieur ; les deux faisceaux ainsi formés restent plus ou moins séparés ; entre eux, on voit quelques trachées qui représentent, en approchant de la racine, l'amorce du faisceau ligneux de la racine; près des cotylédons, les cotylédonnaires sont séparés de la masse anastomotique qui, au-dessus fournira les foliaires (fig 10, A, Pl. XVII) ; plus bas, ils se réunissent à cette masse libéro-ligneuse qui devient le bois secondaire de la racine (fig. 9, Pl. XVII). Dans l'axe hypocotylé, l'épiderme est mamelonné ; l'écorce a une épaisseur de sept ou huit cellules ; l'endoderme est mal différencié ; mais on reconnait cependant le péricycle à la présence de tubes à paroi cutinisée, larges ; on retrouve les mêmes éléments sous l'épiderme; ils appartiennent à la catégorie des tubes que nous désignons sous le nom de tubes sécréteurs et qui doivent leur origine à de simples méats intercellulaires. La moelle disparaît par rapprochement des deux lames libéro-ligneuses, formées de traces cotylédonnaires et de traces foliaires.

L'insertion de la racine s'annonce par la présence de l'assise pilifère, par la différenciation de l'endoderme et des assises corticales internes, par le remplacement des traces ligneuses cotylédonnaires et foliaires qui font place à la bande ligneuse diamétrale des deux faisceaux de la racine.

Structure de la racine. — La section de la racine comprend une écorce limitée intérieurement par un endoderme à plissements ordinaires ; l'assise contiguë a des bandes d'épaississement ; le péricycle possède trois ou quatre épaisseurs de cellules ; il contient des tubes sécréteurs ; les deux faisceaux ligneux se rejoignent au centre ; les

deux faisceaux libériens sont larges et ils se continuent avec les faisceaux cotylédonnaires à la manière ordinaire.

Structure de l'axe épicotylé. — Au moment où les cotylédons se détachent de l'axe hypocotylé, la moelle s'est élargie et les deux anastomotiques se sont divisés en trois; chaque médian se rend dans une des deux premières feuilles qui font croix avec les cotylédons; les quatre feuilles suivantes se placent deux par deux, comme l'indique le diagramme représenté fig. 7, Pl. XVII; au-dessus des deux premières feuilles, on trouve quatre faisceaux anastomotiques ; à droite et à gauche, un des faisceaux anastomotiques semble se diviser; l'une des moitiés est un faisceau foliaire (fig. 11', Pl. XVII). Strasburger a donné un excellent schéma de la course des faisceaux primaires dans la jeune plantule et dans les branches de *Taxus baccata* (1).

(1) Strasburger, Loc. cit., p. 276-277.

CHAPITRE III

Les résultats de cette étude comprennent des faits d'intérêt particulier et des faits d'un intérêt plus général; parmi les premiers, nous citerons ceux qui ont rapport à l'appareil sécréteur, au tissu de transfusion et au tissu d'irrigation, à la structure des cotylédons, à la nature des aiguilles, etc. ; parmi les seconds, il faut placer le mode d'union de la tige et de la racine dans la plantule, la signification du nombre des cotylédons, la notion du phyton chez les Gymnospermes.

Appareil sécréteur. — A. Le résultat le plus important obtenu dans l'étude de l'appareil sécréteur est la détermination de la nature des canaux sécréteurs des *Pinus* et la découverte des règles qui président à leur distribution dans l'écorce de la tige. Van Tieghem admettait que les canaux qui se trouvent en dehors de la couronne libéro-ligneuse sont péricycliques, et que d'autres canaux apparaissent dans l'écorce et passent dans le limbe de la feuille ; on aurait eu ainsi dans la plante une disposition fort compliquée des éléments sécréteurs.

Guidé par nos idées sur la constitution phytonnaire d'une plante, nous avons pu établir qu'il y a continuité entre les canaux sécréteurs de la feuille et ceux qui, dans l'écorce de la tige, sont en dehors de la couronne libéro-ligneuse ; chaque faisceau d'une feuille pénètre dans la tige accompagné de ses deux canaux sécréteurs (fig 3, Pl. XIV); le faisceau foliaire prend sa place dans la couronne libéro-ligneuse, alors que les canaux sécréteurs se rangent en

cercle dans l'écorce ; théoriquement, il devrait y avoir deux fois plus de canaux sécréteurs que de rachis phytonnaires à un niveau quelconque; cette disposition normale se rencontre immédiatement au-dessus des cotylédons et avec quatre phytons on a huit canaux sécréteurs (*Pinus Laricio*, fig. 11, Pl. XV); plus haut, il se fait des réductions; elles tiennent à deux causes : 1° si un canal sécréteur se trouve dans le plan vertical d'un canal appartenant à une feuille supérieure, il se continue avec lui (*Pinus pinea*, fig. 3, Pl. XIV) ; le fait devient encore plus remarquable, si l'on a des phytons disposés par verticilles de quatre, comme dans la jeune plantule de *Pinus Laricio;* le canal sécréteur qui occupe le bord droit d'une feuille dans le verticille supérieur, se trouve superposé au canal sécréteur qui occupe le bord gauche de la feuille du verticille immédiatement inférieur : et il se continue directement avec lui ; la même chose se produit pour le second qui se continue avec celui du bord droit ; il n'y a donc que huit canaux sécréteurs corticaux au lieu de seize (fig. 12-14, Pl. XV). Le nombre des canaux sécréteurs peut encore être réduit si les canaux voisins des phytons d'un même verticille se rapprochent et s'unissent en un seul (*Picea alba*, fig. 11, Pl. XVI). En résumé, les canaux sécréteurs de la tige sont corticaux comme ceux des cotylédons et leur distribution est en rapport avec la structure phytonnaire de l'axe.

En ce qui concerne les canaux sécréteurs qui se trouvent dans la racine, je ne puis plus être aussi affirmatif. Van Tieghem les a d'abord considérés comme ligneux ; maintenant il admet qu'ils sont péricycliques ; j'ai démontré qu'ils ne se continuaient pas avec les canaux sécréteurs corticaux de la tige, mais pour le reste, je ne puis émettre qu'une simple hypothèse ; je serais porté à considérer les canaux sécréteurs opposés aux faisceaux ligneux de la racine comme appartenant au système de canaux ligneux du bois de la tige et de la racine ; on le rencontre dans

les mêmes genres (*Pinus*, *Larix*, *Pseudotsuga*, *Picea*).

Il y aurait ainsi, chez ces Abiétinées deux systèmes de canaux sécréteurs : un système cortical et un système ligneux.

B. La feuille des Cupressées possède, on le sait, un canal sécréteur cortical situé entre le faisceau foliaire et l'épiderme externe ; il appartient d'ailleurs au phyton tout entier, car on le trouve dans la tige vers la naissance même du rachis ; par exception, nous avons rencontré deux canaux sécréteurs dans la feuille du *Cupressus Lawsoniana* ; mais dans le *Thuiopsis dolabrata*, l'appareil sécréteur se complique.

Les phytons foliaires des rameaux supérieurs très aplatis ont la structure normale ; mais, dans les rameaux plus inférieurs où l'axe est arrondi, la feuille possède soit trois, soit cinq canaux sécréteurs qui se continuent dans l'écorce de la tige.

C. Nous devons mentionner également nos observations sur les *Ginkgo*. Van Tieghem admet qu'il y a dans ce genre deux canaux sécréteurs médullaires situés de part et d'autre de l'axe, alors que les éléments sécréteurs de l'écorce et des feuilles sont des poches sécrétrices. Selon Bertrand, tous les éléments sécréteurs sont des poches sécrétrices ; mais en même temps il avance que ceux de la feuille et de l'écorce n'appartiennent pas au même système ; suivant nos observations, les éléments sécréteurs médullaires ne sont pas des canaux, mais bien des poches sécrétrices ; de plus, leur nombre n'est pas fixe : selon les niveaux, on trouve une ou deux de ces poches, beaucoup plus rarement quatre ou cinq, ou enfin absence complète ; d'un autre côté, on ne saurait, je pense, refuser de faire rentrer dans le même système les poches sécrétrices de la feuille et celles de l'écorce.

D. Il y aurait lieu de faire une étude spéciale des éléments que nous avons distingués sous le nom de tubes

sécréteurs ; ce sont des méats intercellulaires dont l'existence est très répandue et qui se trouvent ordinairement localisés sous l'épiderme, dans le péricycle et dans la moelle des plantules.

Tissu de transfusion et tissu d'irrigation. — Le faisceau foliaire, chez les Conifères, est accompagné fréquemment sur ses côtés d'une aile vasculaire plus ou moins développée ; suivant les données de Van Tieghem, je désigne le tissu qui la compose sous le nom de tissu de transfusion dans les limites du péricycle et de tissu de transfusion au delà dans le mésophÿlle.

Il atteint chez les Cupressées son maximum de développement; ainsi, nous avons pu établir l'existence, dans les *Cupressus* et les *Biota*, d'une véritable circulation indépendante s'effectuant par le moyen de ce tissu; les deux ailes vasculaires qui accompagnent le faisceau, s'étendent beaucoup latéralement, se portant vers le sillon qui sépare les deux phytons; à un certain moment, elles se rejoigent sous le sillon, établissant ainsi une communication entre les deux feuilles du même verticille; un peu plus haut, à la place du sillon, les rachis des deux feuilles supérieures s'élargissent de plus en plus ; sur leurs côtés, on trouve une masse vasculaire qui communique vers le bas avec l'aile vasculaire de la feuille inférieure et se met vers le haut en relation avec une des ailes de la feuille supérieure; il s'établit donc une première communication entre les deux feuilles du même verticille et une seconde entre les feuilles des verticilles successifs.

Dans les *Cupressus* et les *Biota*, les cellules de ce tissu sont aréolées; le contour de l'aréole est épais et proémine beaucoup à la surface de la paroi, comme la margelle d'un puits ; sa disposition est à peu près identique dans le *Thuiopsis dolabrata* ; il est beaucoup plus réduit dans le *Libocedrus* .

Il est à remarquer que, dans tous ces genres, ce tissu se réduit au tissu de transfusion dans les cotylédons et les premières feuilles ; quelquefois même, il est difficile d'en trouver des traces.

On doit observer que la même réduction se rencontre chez les Abiétinées dans les plantules, ainsi qu'il résulte des observations de Daguillon et des nôtres ; dans ce groupe, le tissu de transfusion, considéré à tort par Daguillon comme sclérenchyme péryciclique, ne forme pas une aile vasculaire ; il est représenté par des cellules aréolées disséminées dans le péricycle, et formant fréquemment un pont sous-libérien, ainsi que Van Tieghem l'a montré pour les *Abies*.

En résumé, ce qui nous paraît le plus intéressant, c'est la découverte d'une circulation indépendante, s'effectuant au moyen de ce tissu dans certaines Cupressées, où le faisceau foliaire semble devenir de très bonne heure inutilisable pour le transport de la sève venant des racines ; lorsque le rameau grossit, ce tissu ne peut suivre l'accroissement : il formait au début une sorte de demi-circonférence dans chaque décurrence foliaire ; plus tard, il se fragmente en îlots vasculaires, séparés par du parenchyme, et si l'on n'était prévenu, on pourrait facilement rattacher cette formation au cylindre central.

Structure des cotylédons. — Dans les cotylédons, le parenchyme fondamental est homogène : l'exoderme ne s'y transforme pas ordinairement en sclérenchyme et les stomates en général disposés sur la face interne existent quelquefois sur les deux faces ; le tissu de transfusion y est nul ou peu abondant.

Nature des aiguilles. — En étudiant les rameaux courts du *Pinus Laricio*, nous avons vu que ces rameaux ne sont pas terminés par les aiguilles comme on le dit généralement ; on y trouve au sommet des feuilles rudimentaires par avor-

tement ; nous avons cru pouvoir établir les conséquences suivantes :

1° Les rameaux courts sont des rameaux dans lesquels les phytons de la base ont avorté dans leur partie foliaire; il en résulte des faisceaux foliaires très petits.

2° A cet avortement, on peut opposer un développement plus considérable des deux phytons supérieurs; il en résulte une importance très grande des faisceaux anastomotiques du rameau qui ne sont autre chose que la trace des foliaires des aiguilles.

3° Une caractérisation trop rapide des tissus des aiguilles est probablement la cause qui a empêché les phytons supérieurs à ces aiguilles de prendre part à la constitution du rameau.

4° Les aiguilles des *Pinus* sont des feuilles tout comme les écailles ; seul le développement des parties diffère (1).

Les résultats d'ordre plus général sont, avons-nous dit, le mode d'union de la tige et de la racine dans la plantule, la signification du nombre des cotylédons, la notion du phyton chez les Gymnospermes.

Mode d'union de la tige et de la racine dans la plantule. — Ce mode d'union se trouve fixé actuellement par nos recherches et pour les Dicotylédones et pour les Gymnospermes; pour ce dernier groupe, de nombreuses figures permettent l'intelligence du texte ; selon nous, on doit s'attacher à faire bien saisir les relations de ces premiers organes de la plantule à tous ceux qui désirent faire de l'anatomie végétale, les anciennes données sur ce sujet montrent trop leur vétusté pour ne pas être condamnées à disparaitre bientôt.

Cotylédons des Gymnospermes. — On s'est préoccupé depuis longtemps de savoir quelle est la signification du

(1) Pour plus de détails, voir plus haut, p. 154-156.

nombre plus ou moins élevé des cotylédons chez les Gymnospermes, alors que ce nombre est si constant chez es Dicotylédones et les Monocotylédones ; la question est loin d'être facile ; nous examinerons deux hypothèses, en indiquant celle qui nous paraît devoir être acceptée. L'augmentation du nombre des cotylédons peut provenir, soit de l'intercalation de phytons foliaires, soit de la division des phytons cotylédonnaires existants.

1° L'idée d'intercalation de phytons foliaires entre les cotylédons nous est venue en étudiant les germinations des *Cupressus*. Si l'on examine, par exemple, des germinations de *Cupressus Lindleyi*, on ne peut manquer d'être frappé de ce fait que le premier entre-nœud est excessivement réduit, alors que ceux qui suivent sont très développés. Le premier verticille de trois feuilles semble donc être intercalé au même niveau entre les cotylédons ; on ne distingue ces derniers qu'à leurs dimensions plus grandes et à premier examen, la plantule semble posséder six cotylédons : le *Cupressus Corneyana*, pour les mêmes raisons, paraît montrer quatre cotylédons. De là, à penser que l'augmentation du nombre des cotylédons est due à la réduction du premier entre-nœud, autrement dit à la descente du premier verticille, il n'y a qu'un pas qui serait facile à franchir : il suffirait d'admettre que l'apparition des mamelons foliaires se soit rapprochée de plus en plus de celle des mamelons cotylédonnaires, dans lequel cas cotylédons et feuilles, profitant des mêmes réserves, se seraient développés identiquement. L'anatomie n'a pas confirmé cette idée ; les faisceaux cotylédonnaires seuls donnent insertion aux faisceaux de la racine (fig. 8, 17, Pl. XVI).

2° Il est plus probable que l'augmentation du nombre des cotylédons est due à un phénomène de division ; ce sont les plantules des *Araucaria* ou de genres anciens très voisins, à deux larges cotylédons, qui ont donné naissance

aux plantules à nombreux cotylédons des Abiétinées. Si l'on examine la plantule d'*Araucaria imbricata*, par exemple, on peut facilement comprendre comment la transformation s'est produite ; chaque cotylédon possède un petit nombre de nervures qui se réunissent en un seul faisceau à la base ; ce sont ces nervures qui sont devenues indépendantes, et ont constitué tout autant de faisceaux cotylédonnaires distincts dans l'axe hypocotylé : en même temps, le limbe des deux larges cotylédons se découpait entre chaque faisceau cotylédonnaire, formant ainsi un nombre de lobes égal à celui des nervures ; chacun de ces lobes prenait pour sa part quelques-uns des faisceaux corticaux existants ; la germination ainsi obtenue se rapproche d'une façon frappante de celle des Abiétinées, et en particulier des *Pinus*. Est-on fondé au moins à admettre ces transformations dans la suite des temps? Rien n'est plus certain ; dans ce genre *Araucaria*, nous voyons encore se produire dans la plantule des variations qui, sans être aussi importantes, sont du même ordre ; ainsi, le nombre total des nervures, au lieu de se partager en deux groupes, se répartit sur trois cotylédons, quelquefois sur quatre, comme cela se produit dans les plantules d'*Araucaria* (section *Eutacta*). Si l'on examine d'autre part dans une plantule de *Pinus pinea*, par exemple, la course des faisceaux cotylédonnaires et leurs relations avec ceux de la racine, nous voyons, lorsque le nombre des cotylédons est impair, un fait qui rappelle la dépendance originelle de ces faisceaux : certains d'entre eux se relient aux autres faisceaux voisins sans contribuer directement à l'insertion (fig. 9, Pl. XII).

En résumé, nous pensons que l'augmentation du nombre des cotylédons chez les Gymnospermes provient de la division de deux larges cotylédons ; cette transformation s'est effectuée, dans la série des temps géologiques, sur un type voisin des *Araucaria* : mais ces deux cotylé-

dons ont perdu actuellement toute individualité, elle s'est fragmentée pour ainsi dire en nouvelles individualités bien caractérisées.

Cette idée n'est nullement contredite par ce que nous savons des Conifères fossiles ; les *Walchia,* que l'on rapproche des *Araucaria* du sous-genre *Eutacta*, se montrent dans le houiller supérieur; les *Pinus* commencent seulement vers le liasique (1) ; d'un autre côté, on s'accorde maintenant pour considérer les Abiétinées comme étant liées par des affinités étroites aux Araucariées.

On remarquera également que le genre *Araucaria* a conservé une grande variabilité dans le nombre des cotylédons de la plantule, bien que le type normal soit de deux ; enfin, la tératologie montre des phénomènes identiques dans les Dicotylédones (2).

De toute façon, il serait fort intéressant d'étudier la plantule dans toutes les espèces du genre *Araucaria* et des genres voisins ;on ne pourrait manquer d'y trouver, au point de vue de l'évolution, des documents de grande valeur.

Notion du phyton chez les Gymnospermes. — Là notion du phyton est si évidente, chez les Conifères, au point de vue morphologique, qu'il serait oiseux d'y insister; chaque phyton a un rachis nettement séparé des voisins par un sillon plus ou moins profond; c'est cette individualisation externe qui reçoit dans le langage courant le nom de décurrence foliaire, exprimant ainsi une idée fausse ; on l'a considérée de même à tort comme le résultat de feuilles accolées à la tige.

Au point de vue anatomique, notre travail n'est que le développement sous toutes ses formes de ce que nous considérons comme la base de l'anatomie végétale.

(1) Consulter: Renaut. Cours de Botanique fossile, 4e année, 1885.
(2) Léger. Note sur des germinations anormales d'*Acer platanoïdes* (Bullet. Société Linnéenne de Normandie, 4e série, 3e volume, 1890).

En effet, l'anatomiste qui voudra parcourir ce travail avec attention, comprendra quel avantage on peut retirer de la notion du phyton chez la plante pour comprendre sa véritable structure, sa charpente; les nouveaux phytons qui se forment dans une plante *s'intercalent* entre les anciens; c'est là l'explication naturelle de l'alternance des verticilles, de la position axillaire des branches; dans le premier cas, les nouveaux phytons s'intercalent entre deux phytons du même verticille; dans le second, ils s'intercalent entre les phytons de verticilles superposés; chaque phyton ayant un rachis d'importance déterminée, il est évident que la considération de ce rachis entre en ligne de compte dans l'agencement final des phytons d'une même plante; c'est donc une des causes déterminantes du cycle foliaire.

On doit juger un arbre à ses fruits; or, sans la notion du phyton, il nous aurait été impossible d'établir les règles qui président à la distribution des éléments sécréteurs chez les Conifères, et en particulier chez les Abiétinées; il nous aurait été interdit de fixer sûrement la position de ces éléments dans la tige en l'absence d'endoderme. Il en est de même en ce qui concerne le mode d'union de la tige et de la racine. Si l'on compare les lois si simples suivant lesquelles se fait l'union des deux membres, avec l'ensemble chaotique des anciennes données, même avec le renouveau qui leur a été donné par le beau travail de Gérard, il n'y aura pas, je pense, d'hésitation possible.

Il y a plus à faire encore : le phyton étant admis comme unité, c'est aux divers éléments qui le composent que devrait s'appliquer la notation primaire; ainsi le nom péricycle est donné à tort dans la feuille au parenchyme qui s'étend entre le faisceau et l'endoderme; le mot *péridesme* (Van Tieghem) exprime au contraire une idée juste : l'ensemble des péridesmes forme dans la tige le péricycle

interne et le péricycle externe, alors que les faisceaux foliaires s'unissent en couronne libéro-ligneuse; si les faisceaux sont dispersés, il n'y a pas de péricycle; il n'y a que des péridesmes; ce que nous appelons moelle et rayons médullaires est loin d'avoir toujours la même valeur; ainsi les rayons médullaires, dans la structure primaire, peuvent comprendre une partie médiane de tissu fondamental et deux parties latérales de tissu péricyclique ou simplement du péricycle; il en est de même de la moelle qui, théoriquement, doit être réduite quelquefois au péricycle interne.

En résumé, la notation anatomique a été établie en considérant d'abord la tige; on a ensuite donné le même nom aux parties qui se retrouvaient dans la feuille; nous pensons que la marche inverse seule est rationnelle et qu'elle aurait toutes chances d'être acceptée définitivement le jour où elle serait fixée par un anatomiste tel que le savant professeur du Muséum.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE XIII

Pinus pinea. Fig. 1-10.

Fig. 1. Germination.

Fig. 2. Section d'un cotylédon ; E, endoderme ; P E, péricycle externe ; P I, péricycle interne ; B, bois ; L S, liber secondaire ; L P, liber primaire ; S, canaux sécréteurs.

Fig. 3. Course des faisceaux cotylédonnaires dans la plantule ; leur relation avec les faisceaux de la racine ; le pointillé indique les faisceaux libériens.

Fig. 4. Schéma indiquant comment se fait l'union des faisceaux ligneux cotylédonnaires et des faisceaux de la racine.

Fig. 5. Aspect du cylindre central à un des niveaux de l'axe hypocotylé ; L, faisceaux libériens ; S, canaux sécréteurs ; B, bois ; E, endoderme.

Fig. 6. Endoderme et péricycle dans l'axe hypocotylé.

Fig. 7. Disposition des faisceaux libériens L et des faisceaux ligneux B dans la racine.

Fig. 8. Détail d'une partie de la section précédente : B, faisceaux ligneux ; S, canal sécréteur ; L, faisceau libérien ; Z, zone génératrice ; E, endoderme ; M, tubes sécréteurs dans le péricycle.

Fig. 9. Course des faisceaux de la plantule dans le cas de treize cotylédons et de cinq faisceaux à la racine.

Fig. 10. Id. dans le cas d'une plantule à onze cotylédons et six faisceaux à la racine.

PLANCHE XIV

Pinus pinea. Fig. 1-5.

Fig. 1. Section des cotylédons et des premières feuilles : S, canaux sécréteurs ; F, faisceaux cotylédonnaires.

Fig. 2. Section d'une jeune feuille primordiale ; faisceau à l'état procambial.

Fig. 3. Section de l'axe épicotylé.; disposition des canaux sécréteurs et des faisceaux foliaires.

Fig. 4. Insertion de la feuille sur la tige; faisceau foliaire et canaux sécréteurs.

Fig. 5. Un faisceau foliaire dans l'écorce.

Pinus maritima Poir. Fig. 6-10.

Fig. 6-7. Germinations.

Fig. 8. Section des sept cotylédons.

Fig. 9-10. Course différente des faisceaux dans la plantule, selon le nombre des cotylédons et celui des faisceaux de la racine.

Pinus laricio Poir. Fig. 1-15.

Fig. 1. Section des cotylédons et des premières feuilles.

Fig. 2. Section de l'axe hypocotylé dans le cas d'une variation dans la course normale des faisceaux de la plantule.

Fig. 3. La course normale des faisceaux dans l'axe hypocotylé.

Fig. 4. Disposition un peu différente se rapportant à la variation signalée fig. 2.

Fig. 5. Section d'une racine à quatre faisceaux.

Fig. 6. Section de l'axe hypocotylé avec formations secondaires.

Fig. 7. Section de la racine de la même plantule.

Fig. 8. Diagramme indiquant la disposition des cotylédons et celle des premières feuilles.

Fig. 9. Section au niveau de l'insertion des cotylédons : huit faisceaux cotylédonnaires F groupés par deux et quatre faisceaux anastomotiques.

Fig. 10. Course de faisceaux dans une plantule : C, cotylédonnaires ; F, faisceaux foliaires ; A, anastomotiques.

Fig. 11. Section au niveau de l'axe hypocotylé d'une plantulé à sept cotylédons ; quatre faisceaux foliaires F ; quatre faisceaux anastomotiques A ; on voit sept canaux sécréteurs, le huitième n'est pas encore visible.

Fig. 12. Section à un niveau plus élevé : F, F', faisceaux foliaires ; A, faisceaux anastomotiques ; chaque faisceau foliaire arrive de la feuille accompagné de ses deux canaux sécréteurs qui se continuent sur huit lignes verticales dans l'écorce (fig. 14).

Fig. 13. Section de la même plantule un peu au-dessous des cotylédons ; il s'y présente une anomalie dans les rapports des faisceaux cotylédonnaires et des faisceaux de la racine, comme on le voit dans la figure suivante.

Fig. 14. Course des faisceaux dans la même plantule ; S, indique en lignes de pointillé les huit séries de canaux sécréteurs.

Fig. 15. Section des feuilles primordiales.

PLANCHE XVI

Pinus sylvestris L. Fig. 1-2.

Fig. 1. Section partielle d'une feuille primordiale.
Fig. 2. Partie latérale du faisceau avec le tissu de transport.

Picea alba Ait. Fig. 3-14.

Fig. 3. Germinations.
Fig. 4. Section des cotylédons inclus dans la graine.
Fig. 5-7. Section à divers niveaux de l'axe hypocotylé, montrant les relations des faisceaux cotylédonnaires et des faisceaux de la racine.
Fig. 8. Une plantule plus âgée.
Fig. 9. Section de la plantule au départ des cotylédons C ; S, canal sécréteur ; F, faisceaux foliaires ; A, faisceaux anastomotiques.
Fig. 10. Section d'une feuille primordiale.
Fig. 11. Section de l'axe épicotylé : C, coussinets ; F, foliaires ; A, anastomotiques ; il y a trois phytons à ce niveau.
Fig. 12. Feuille primordiale à deux faisceaux.
Fig. 13. Course normale des faisceaux dans la plantule.
Fig. 14. Variation observée dans les relations des faisceaux d'une autre plantule.

Larix europea D. C. Fig. 15-16.

Fig. 15. Deux jeunes germinations.
Fig. 16. Course des faisceaux dans une plantule à sept cotylédons et à racine ternaire.

Tsuga Canadensis. Fig. 17-19.

Fig. 17. Trois cotylédons à la plantule.
Fig. 18. Section partielle d'une racine.
Fig. 19. Course des faisceaux dans la plantule.

PLANCHE XVI

Cupressus funebris Endl. Fig. 1-4'.

Fig. 1. Germinations.
Fig. 2. Section des cotylédons et des premières feuilles.
Fig. 3. Les deux cordons ligneux dans le plan vertical médian des cotylédons.
Fig. 4. Un des cordons ligneux dans l'axe hypocotylé.
Fig. 4'. Schéma de la course des faisceaux dans l'axe hypocotylé.

Cupressus Corneyana Hort. Fig. 5-10.

Fig. 5. Une plantule avec ses premières feuilles.
Fig. 6. Diagramme indiquant la position des cotylédons et des premières feuilles.
Fig. 7. Section transversale de l'axe intéressant quatre phytons, quatre faisceaux foliaires F; quatre canaux sécréteurs corticaux S; quatre faisceaux anastomotiques.
Fig. 8. Course et relations de ces faisceaux dans la plantule.
Fig. 9. Section transversale d'une feuille.
Fig. 10. Id.

Cupressus Lindleyi Klotsch. Fig. 11-17.

Fig. 11. Début de germination.
Fig. 12. Plantule et ses premières feuilles.
Fig. 13. Diagramme indiquant la position des cotylédons et des premières feuilles.
Fig. 14. Section de la racine principale.
Fig. 15. Section de l'axe intéressant trois phytons : F, faisceaux foliaires; A, faisceaux anastomotiques ; S, canaux sécréteurs.
Fig. 16. Section d'une feuille transversale.
Fig. 17. Course et relations des faisceaux dans la plantule.

Actinostrobus pyramidalis Miq. Fig. 18-19.

Fig. 18. Germinations.
Fig. 19. Section de la racine principale.

PLANCHE XVII

Thuia orientalis L. Fig. 1-5.

Fig. 1-2. Germinations.
Fig. 3. Section au niveau des cotylédons.
Fig. 4. Section intéressant les deux premières feuilles et les feuilles suivantes.
Fig. 5. Course et relations des faisceaux dans la plantule.

Taxus baccata Tourn. Fig. 6-12.

Fig. 6. Germination.
Fig. 7. Diagramme indiquant la position des cotylédons et des premières feuilles.
Fig. 8. Section de la racine principale.

Fg. 9. Section de l'axe hypocotylé: F, massifs ligneux cotylédonnaires.

Fig. 10. Section en se rapprochant des cotylédons.

Fig. 11. Section au niveau des cotylédons : F, faisceaux foliaires ; A, faisceaux anastomotiques.

Fig. 11. Section de l'axe épicotylé.

Fig. 12. Relations des faisceaux dans la plantule un peu âgée après extension latérale des faisceaux anastomotiques.

Araucaria imbricata Pav. Fig. 13-20.

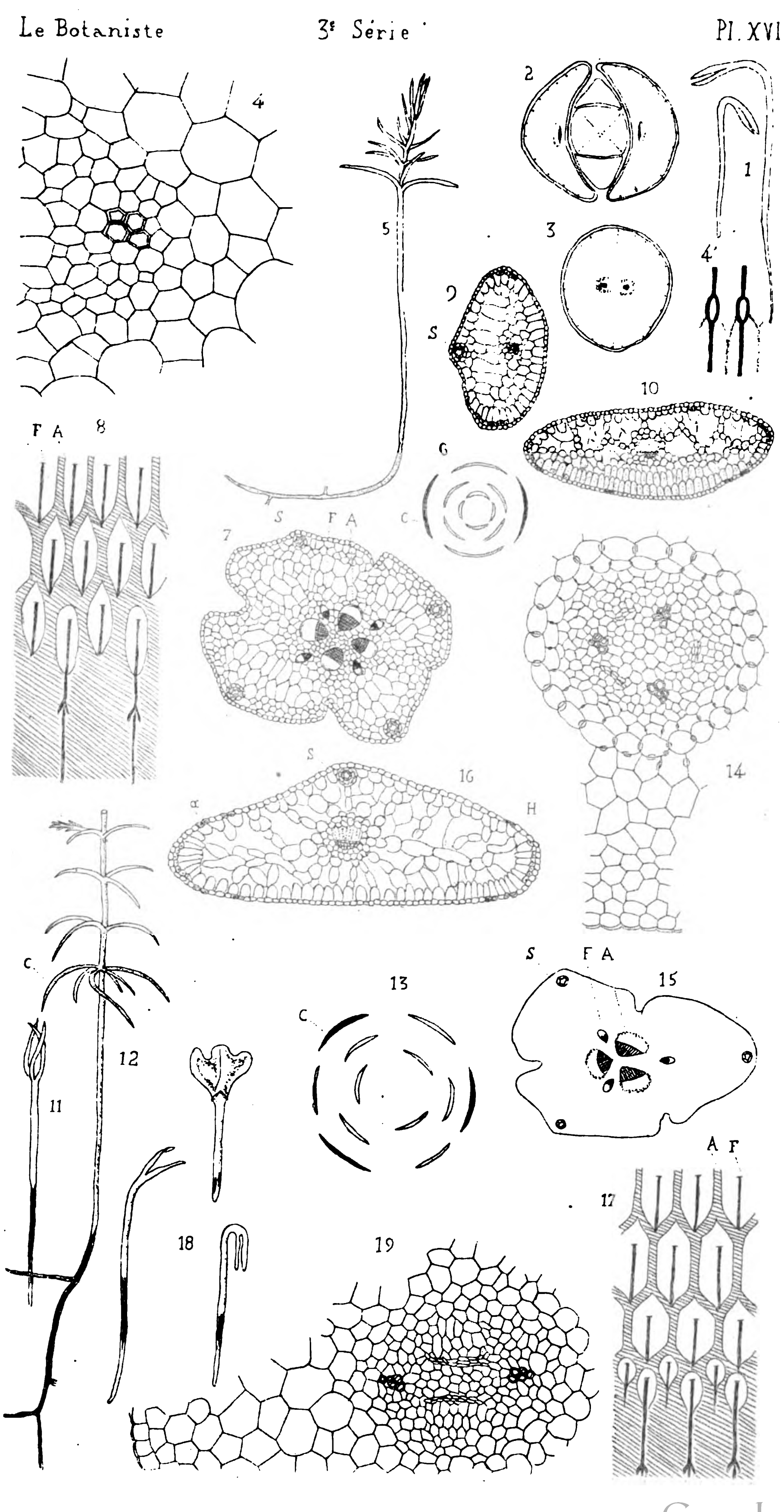
Fig. 13-16. Divers stades de la germination ; B, renflement de l'axe hypocotylé ; dans la fig. 16, l'axe hypocotylé s'est trouvé tronqué.

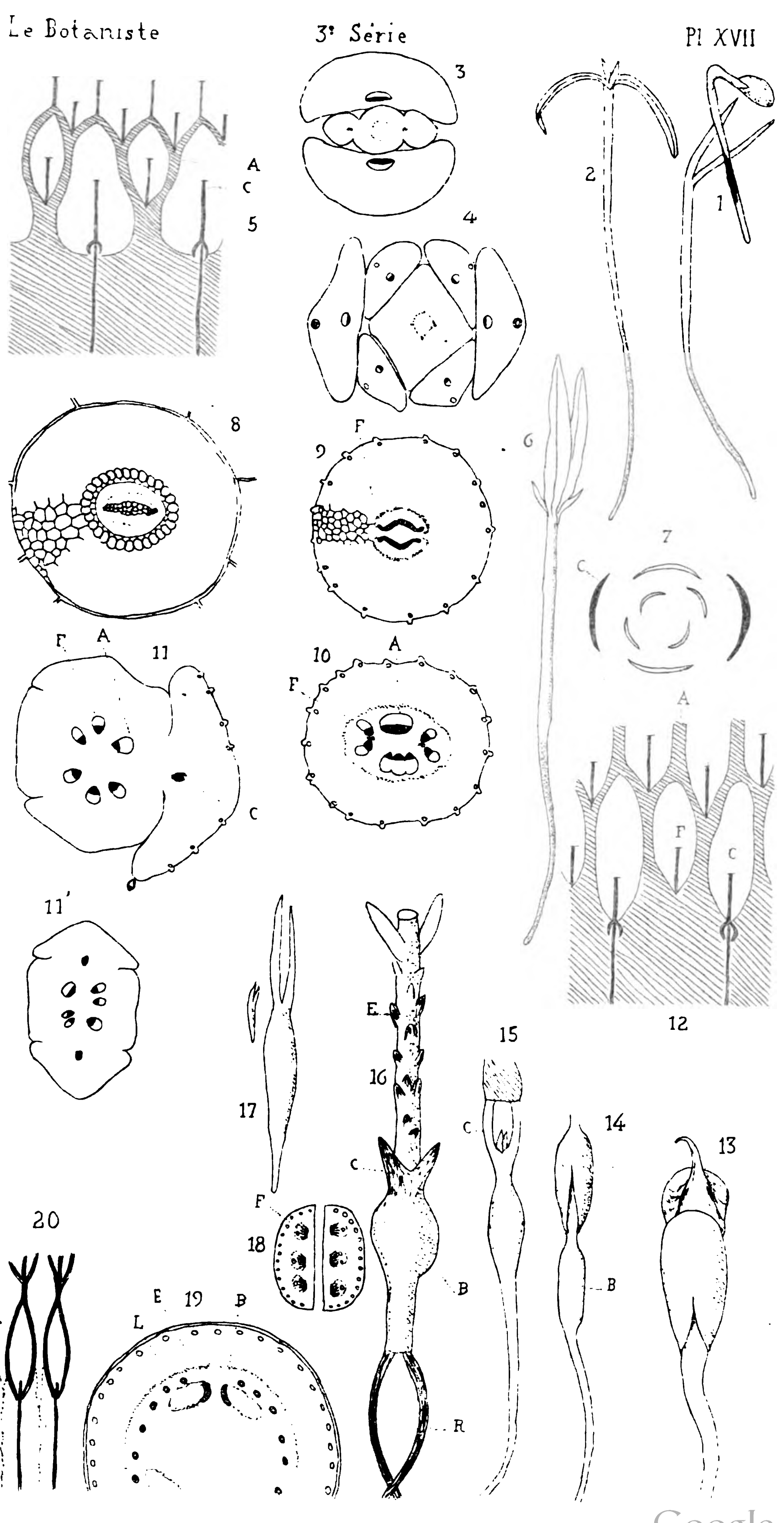
Fig. 17. Les deux plantules d'une même graine.

Fig. 18. Section des cotylédons vers la base.

Fig. 19. Section partielle de l'axe hypocotylé : B, bois ; L, liber ; E, endoderme; les deux cercles de canaux sécréteurs sont indiqués.

Fig. 20. Course et relations des faisceaux dans la plantule.


4
5
2
1
3
4'
9
S
10
F A 8
6
S F A C
7
14
S
16
α
H
C
S F A
15
13
C
12
11
A F
17
18
19



3
2
1
A
C
5
4
8
F
9
6
7
C
F
A
11
10
A
F
C
A
F
C
11'
12
E
16
15
17
C
14
13
C
F
18
B
B
20
E
19
B
L
R



